



## El Atlas Eólico Europeo

Troen, Ib; Lundtang Petersen, Erik

*Publication date:*  
1990

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Troen, I., & Lundtang Petersen, E. (1990). *El Atlas Eólico Europeo*. Risø National Laboratory.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# **El Atlas Eólico Europeo**

Meteorology and Wind Energy Department  
Risø National Laboratory  
P.O. Box 49  
DK-4000 Roskilde  
Denmark

Phone +45 42 37 12 12  
Telex 43 116  
Telefax +45 42 37 01 15

COMISION DE LAS COMUNIDADES  
EUROPEAS

# EL ATLAS EOLICO EUROPEO

Ib Troen y Erik Lundtang Petersen



Publicado por la Comisión de las Comunidades Europeas  
Dirección General de Ciencia, Investigación y Desarrollo  
Bruselas, Bélgica

por Risø National Laboratory, Roskilde, Dinamarca

*El Atlas Eólico Europeo*

Copyright © 1990 por Risø National Laboratory.

Reservados todos los derechos. Esta publicación no puede ser reproducida, reeditada o transmitida en cualquier otra forma o por cualquier motivo, sin el permiso expreso del Risø National Laboratory. El disquete que se incluye puede copiarse solamente por motivos auxiliares.

#### **AVISO LEGAL**

Ni la Comisión de las Comunidades Europeas ni Risø National Laboratory ni ninguna persona actuando en nombre de la Comisión o de Risø, es responsable del uso que se haga de la información que aquí se presenta.

**Coordinación:** Niels G. Mortensen

**Traducción:** Maria Casanova

**Diseño de la cubierta:** Torben Ebbesen

**Dibujos artísticos:** Søren Rasmussen

**Diseño tipográfico:** Mogens Arrildt

**Editado y encuadernado por** Jyllinge Bogtrykkeri

**ISBN 87-550-1638-3**

**Editado en Dinamarca**

# Prólogo

El Atlas Eólico Europeo es el resultado de un esfuerzo común de Las Comunidades Europeas para promocionar el mercado de la producción de electricidad a partir de los recursos eólicos en Europa y para desarrollar las tecnologías y los sistemas asociados a ello.

El Atlas completa la información publicada previamente en varios atlas eólicos nacionales, y será sin duda una herramienta de trabajo esencial para todos los proyectos de aplicación de energía eólica en la Comunidad. Los datos en este nuevo Atlas Europeo se presentan mucho más condensados que los aparecidos en anteriores trabajos. Además, este Atlas es el primero que proporciona una visión general para todos los países de la EC, incluyendo las regiones de topografía complicada. Lo último representa una gran labor, ya que fue necesario desarrollar un programa de ordenador fiable especialmente para eso.

La realización de este Atlas es un ejemplo a destacar de la cooperación entre ciencia y tecnología en Europa, que está siendo actualmente estimulada por la Comisión de las Comunidades Europeas en Bruselas. La elaboración de este Atlas fue solicitada por la Comunidad Europea por primera vez en 1981. Una red de personal competente en meteorología y otras instituciones, fueron convocados para este trabajo. La Comisión encargó la coordinación de este trabajo al Risø National Laboratory en Dinamarca debido a su experiencia previa en la elaboración del atlas eólico en Dinamarca. La Comisión suministró asimismo los principales fondos. Gracias a muchos años de intenso trabajo de varias personalidades entendidas en el tema en Europa y de varios institutos en este mismo campo, ha sido posible llevar este proyecto a buen fin.

Confío en que todos los interesados en el futuro desarrollo de la energía eólica en Europa, apreciarán este enorme trabajo y se beneficiarán de la información que éste proporciona para sus actividades futuras.

Dr. W. Palz  
Jefe del Departamento del  
Desarrollo de las Energías Renovables  
Comisión de las Comunidades Europeas  
Bruselas, Bélgica

# Extracto

Las regiones potencialmente explotables para las aplicaciones de la energía eólica, están dispersas a lo largo de todos los países de la Comunidad Europea. Las áreas con mayor potencial eólico incluyen: Gran Bretaña e Irlanda, el noroeste continental de la EC: Dinamarca, el norte de Alemania, Los Países Bajos, Bélgica y el noroeste de Francia. Otras áreas son el noroeste de España y la mayoría de las islas Griegas. Existen además, sobretudo en los países del área Mediterránea, regiones en las que el potencial eólico se ve incrementado por la existencia de sistemas eólicos asociados a cadenas montañosas. Algunos de estos sistemas eólicos se extienden a lo largo de amplias zonas: el Mistral entre los Alpes y el Macizo Central en el sur de Francia, La Tramuntana en el norte de los Pirineos en Francia y en el sur de los Pirineos en el Valle del Ebro. En otros casos, un sistema eólico de este tipo puede que tenga una extensión geográfica menor, pero entonces representa un gran potencial eólico local. Son especialmente interesantes en montañas, valles y pasos, sitios en donde se dan efectos naturales de concentración del viento.

La información recopilada y presentada en el Atlas Eólico identifica y documenta claramente la existencia de grandes regiones que garantizan una exitosa explotación de los recursos eólicos. Además, los métodos desarrollados en el Atlas para calcular la influencia que la topografía ejerce sobre la velocidad del viento, han demostrado el fuerte realce de los recursos eólicos en terreno complejo. Los métodos para el cálculo de los efectos de la topografía, han estado a la disposición del público previamente a la publicación del Atlas Eólico en forma de un programa para ordenador personal. Este programa, junto con el Atlas Eólico, representa una base para el cálculo de los recursos eólicos – así como del emplazamiento de aerogeneradores – en las Comunidades Europeas.

El Atlas Eólico proporciona una imagen fiable de la distribución general de los recursos eólicos en Europa. En regiones como Los Países Bajos, el norte de Alemania y Dinamarca, las condiciones topográficas relativamente sencillas, permiten al usuario realizar cálculos fiables de emplazamientos de aerogeneradores, a partir del uso directo del Atlas. En casos de topografía más complicada, también abarcada en el Atlas Eólico, como puede ser el de la parte central de Francia, es necesario tener experiencia en el uso del Atlas en terreno complejo y tener también conocimientos acerca de las condiciones locales, para poder hacer estimaciones reales del potencial eólico. Si se trata de zonas con topografía compleja en las que, además, la información eólica es muy dispersa, como es el caso de la mayor parte de la Grecia interior, el Atlas sólo puede ayudar a reconocer zonas ricas en recursos eólicos, pero eso es todo.

El Atlas Eólico Europeo es el primer intento de proporcionar unas líneas de trabajo y una estadística para el cálculo de los recursos de energía eólica en los países de la Comunidad Europea. Representa la base del esfuerzo a continuar por la Comisión, de dar a los países ricos en potencial eólico de la Comunidad Europea, la información y los métodos de cálculo necesarios para evaluar los recursos de energía eólica en Europa.

# Contenido del Atlas Eólico

El Atlas se divide en tres partes, dirigida cada una de ellas a lectores con intereses distintos, que variarán según si se trata de aficionados o profesionales de la meteorología.

**Parte I: Los recursos eólicos** da una visión general sobre el clima eólico y sobre la magnitud y distribución de los recursos eólicos en los países de la Comunidad Europea. Esta parte puede ser de interés para políticos, proyectistas y aficionados en general. Las descripciones, tablas y mapas permiten una rápida identificación de las regiones ricas en recursos eólicos.

**Parte II: Determinación de los recursos eólicos** proporciona la información necesaria para estimar el valor de los recursos eólicos en una región y para decidir el mejor emplazamiento para un aerogenerador. Contiene el resumen estadístico para las 220 estaciones meteorológicas y las estadísticas del clima regional que se derivan de estos datos. Incluye también métodos para calcular el efecto que distintos rasgos del paisaje, sean líneas de costa, bosques, colinas o edificios, provocan en los recursos eólicos. Estos métodos van apoyados por ejemplos que utilizan además las estadísticas del clima regional. Para una total comprensión de esta parte, son necesarios ciertos conocimientos matemáticos y estadísticos. En el caso de aplicaciones concretas como el emplazamiento de un aerogenerador en un lugar determinado, lo más corriente es encontrarse con condiciones lo suficientemente complejas como para que el cálculo de los recursos eólicos de que se dispone en este lugar sólo pueda hacerse con la ayuda de un ordenador. Para facilitar este cálculo en ordenadores, toda la estadística necesaria se ha incluido en el disquete de la parte posterior del Atlas. A lo largo de esta Parte II se dan ejemplos de las dos situaciones posibles: casos sencillos que se pueden resolver recurriendo directamente a los métodos y a las tablas del libro y casos más complicados en los que se precisa de un cálculo con ordenador. Estos ejemplos se han realizado con un programa especialmente creado para el Atlas Eólico. Detalles de este *Programa de aplicación y análisis del Atlas Eólico (WASP)* se encuentran en la Parte III.

**Parte III: Los Modelos y el Análisis** es la parte documental del Atlas, y requiere que el lector posea ciertos conocimientos meteorológicos y estadísticos. Describe como se han analizado los datos y la información acumulada por cada país participante, para obtener una estadística del clima en cada región. En el Capítulo 8 se discute la base física y estadística para el modelo del Atlas Eólico. Esta, incluye la ley de la resistencia aerodinámica geostrófica y la teoría de semejanzas en la capa superficial, una teoría para las modificaciones en el flujo eólico debidas a cambios en las características de la superficie, un modelo para influencia lejana de obstáculos que resguardan del viento, y, finalmente, un modelo de flujo eólico para terreno montañoso. También se describe la función de Weibull y los demás cálculos utilizados. En el Capítulo 9 se demuestra la validez de los modelos y del análisis a base de comparaciones entre datos medidos y datos calculados con el modelo estadístico.





# Contenido

|  |               |
|--|---------------|
| <b>Prólogo</b>   | <b>5</b>      |
| <b>Extracto</b>  | <b>6</b>      |
| <b>Contenido del Atlas Eólico</b>  | <b>7</b>      |
| <b>Prólogo y agradecimientos</b>   | <b>12</b>     |
| <b>1 Introducción al Atlas Eólico</b>  | <b>15</b>     |
| <br><b>I LOS RECURSOS EOLICOS</b>  | <br><b>27</b> |
| <b>2 Los recursos eólicos en Europa</b>  | <b>29</b>     |
| 2.1 El clima eólico en Europa . . . . .  | 30            |
| 2.2 Mapas de recursos de energía eólica . . . . .  | 33            |
| 2.3 Leyenda en los mapas de los recursos eólicos . . . . .   | 36            |
| <br><b>II DETERMINACION DE LOS RECURSOS EOLICOS</b>  | <br><b>39</b> |
| <b>3 Conceptos generales</b>   | <b>41</b>     |
| 3.1 La rugosidad de un terreno . . . . .   | 42            |
| El parámetro de aspereza . . . . .   | 42            |
| 3.2 Resguardo producido por obstáculos . . . . .   | 45            |
| 3.3 El efecto de las variaciones de la altura en el terreno . . . . .                                | 47            |
| <b>4 Recursos regionales de energía eólica</b>   | <b>53</b>     |
| 4.1 Uso de los mapas de recursos de energía eólica . . . . .   | 53            |
| Zonas costeras . . . . .   | 56            |
| Zonas montañosas . . . . .   | 58            |
| <b>5 Estudio del emplazamiento de un aerogenerador</b>   | <b>61</b>     |
| 5.1 Selección de la climatología eólica para un emplazamiento . . . . .                              | 61            |
| 5.2 Clasificación de la rugosidad y cálculo de las estadísticas para un em-<br>plazamiento . . . . . | 63            |
| Cálculo de la densidad media de energía . . . . .  | 64            |
| Cálculo de los parámetros de Weibull . . . . .   | 65            |
| 5.3 Cálculo del resguardo . . . . .  | 73            |
| 5.4 Orografía . . . . .  | 74            |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| <b>6</b>   | <b>Producción de potencia</b>  | <b>81</b>  |
| 6.1        | Determinación de la producción de potencia media . . . . .                       | 81         |
| 6.2        | Función de densidad de potencia . . . . .  | 86         |
| 6.3        | Curva de duración de potencia . . . . .  | 86         |
| 6.4        | Optimización de la producción de potencia . . . . .                              | 87         |
| <b>7</b>   | <b>Estadísticas y climatologías de las estaciones</b>                            | <b>95</b>  |
| 7.1        | Descripción de la estación y tablas estadísticas . . . . .                       | 96         |
|            | Descripción de la estación . . . . .   | 96         |
|            | Resumen de los datos básicos . . . . .   | 96         |
|            | Climatología regional y valores medios . . . . .                                 | 97         |
| 7.2        | Las huellas climatológicas del viento . . . . .                                  | 97         |
| 7.3        | Estadísticas y climatologías de las estaciones . . . . .                         | 99         |
|            | España . . . . .   | 106        |
|            | Estadísticas de radiosondas . . . . .  | 165        |
| <b>III</b> | <b>LOS MODELOS Y EL ANALISIS</b>   | <b>167</b> |
| <b>8</b>   | <b>El modelo del Atlas Eólico</b>  | <b>169</b> |
| 8.1        | La base física . . . . .   | 169        |
|            | Leyes de semejanza en la capa superficial . . . . .                              | 170        |
|            | La ley de resistencia aerodinámica geostrófica y el viento geostrófico . . . . . | 171        |
| 8.2        | El modelo para estratificación estable . . . . .                                 | 171        |
| 8.3        | El modelo de cambio de rugosidad . . . . .                                       | 175        |
| 8.4        | El modelo de resguardo . . . . .   | 177        |
| 8.5        | El modelo orográfico . . . . .   | 179        |
| 8.6        | La base estadística . . . . .  | 183        |
|            | Conceptos básicos . . . . .  | 183        |
|            | La distribución de Weibull . . . . .   | 186        |
| 8.7        | El modelo de análisis del Atlas Eólico . . . . .                                 | 189        |
| 8.8        | El modelo de aplicación del Atlas Eólico . . . . .                               | 191        |
| 8.9        | Descripción meteorológica de datos y estaciones . . . . .                        | 193        |
|            | Estadísticas del radio-sonda . . . . .   | 196        |
| 8.10       | Limitaciones de los datos y los modelos . . . . .                                | 197        |
| <b>9</b>   | <b>Verificación de la metodología del Atlas Eólico</b>                           | <b>199</b> |
| 9.1        | Intercomparaciones entre estaciones . . . . .                                    | 199        |
| 9.2        | Convalidación de los mástiles meteorológicos de altura . . . . .                 | 219        |
| <b>10</b>  | <b>Referencias</b>   | <b>223</b> |
| 10.1       | Publicaciones citadas en el Atlas . . . . .                                      | 223        |
| 10.2       | Estudios del clima eólico en Europa . . . . .                                    | 226        |
|            | Referencias sobre climatología eólica por temas y por país . . . . .             | 227        |
|            | Listado de publicaciones por países . . . . .                                    | 229        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Apéndices</b>                               | <b>236</b> |
| <b>A Lista de símbolos</b>                     | <b>237</b> |
| <b>B Tablas auxiliares</b>                     | <b>241</b> |
| <b>C Criterios de selección y cuestionario</b> | <b>253</b> |
| <b>D Los disquetes de datos</b>                | <b>259</b> |

# Prólogo y agradecimientos

El Atlas Eólico Europeo es el resultado del estudio de las condiciones del clima eólico en los países de la Comunidad Europea.

La investigación ha sido dirigida, desde 1981 hasta la fecha de la publicación, por los países de la comunidad bajo la tutela de la Comisión de las Comunidades Europeas. El Atlas Eólico forma parte del programa de investigación y desarrollo de la energía eólica, dirigido por W. Palz de la Comisión.

El Atlas es un intento de presentar los datos del clima eólico de los países de la EC, de una forma concisa y coherente, y proporcionar un método para su uso en la valoración de recursos eólicos. La Comisión prevee el hecho de que el Atlas pueda ampliarse con más datos y a más países.

Risø National Laboratory, Dinamarca, ha sido el responsable de la coordinación global del proyecto y del trabajo teórico, la modelación numérica, el análisis de los datos y la redacción. La principal responsabilidad de los países participantes ha sido la de proporcionar los datos meteorológicos y las descripciones de las estaciones meteorológicas, además de revisar y criticar el trabajo realizado y los resultados obtenidos.

En el momento de la publicación, el grupo de trabajo estaba formado por los siguientes miembros:

Ludo van der Auwera  
Koninklijk Meteorologisch Instituut  
Brussels  
Bélgica

Liam Burke  
Meteorological Service  
Dublin  
Irlanda

Philippe Duchêne-Marullaz  
Centre Scientifique et Technique  
du Bâtiment  
Nantes, Francia

Demetrios Lalas  
Lamda Technical, Ltd.  
Athens  
Grecia

Alfredo Lavagnini  
Istituto di Fisica dell'Atmosfera  
Rome  
Italia

Casimiro Mendes  
Instituto Nacional de Meteorologia  
e Geofísica  
Lisboa, Portugal

Bill Moores  
Meteorological Office  
Bracknell  
Inglaterra

Pablo Moreno  
PMSA Compañía Española  
de Investigación en Energía  
Madrid, España

Erik Lundtang Petersen  
Risø National Laboratory  
Roskilde, Dinamarca

Ib Troen  
Risø National Laboratory  
Roskilde, Dinamarca

Monika Ulbricht-Eissing  
Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt  
Hamburg  
Alemania (FRG)

Jon Wieringa  
Koninklijk Nederlands  
Meteorologisch Instituut  
De Bilt, Países Bajos

El estudio ha contado también con la colaboración de las siguientes personas que han participado de forma activa en el grupo de trabajo en algún momento determinado, o que han cooperado en una o más de las reuniones de trabajo:

|                 |   |
|-----------------|---|
| Alemania (FRG): | H. Schmidt y W. Thommes                   |
| Bélgica:        | L. Malet                                  |
| Dinamarca:      | N.O. Jensen, S.E. Larsen y N.G. Mortensen |
| Francia:        | C. Sacré                                  |
| Italia:         | G.A. Dalu y A.M. Sempreviva               |
| Países Bajos:   | A.P. van Ulden                            |
| Reino Unido:    | B. Shearman y R.J. Adams                  |

Parte de las estadísticas que se muestran para Italia se han tomado con el permiso del Ente Nazionale per l'Energia Elettrica. Agradecemos la cooperación de G. Botta de esta institución. A. Restivo, de la Universidad de Porto, proporcionó datos del mástil Ferrel en Portugal; B. Tammelin, del Instituto Meteorológico Finlandés, proporcionó datos del mástil Kivenlahti en Finlandia; G. Tunell, de la Junta de la Energía del Estado Sueco, y R. Krieg, del Instituto Meteorológico e Hidrológico Sueco, proporcionaron datos del mástil Näsudden en Suecia; K. Hedegård, del Instituto Meteorológico Danés, proporcionó información de las estaciones danesas; J.A. Børresen, del Instituto Meteorológico Noruego, proporcionó los datos y la información del viento geostrofico en el Mar del Norte, y R. Smith, de la Universidad de Yale, USA, fue consultado al principio del proyecto sobre el tema del efecto de las montañas en el viento. Los mapas base y la información sobre el relieve en Europa han sido reproducidos con el permiso del Esselte Map Service, en Suecia. Agradecemos sinceramente todas estas colaboraciones.

Muchos de nuestros compañeros en el Departamento de Meteorología y Energía Eólica de Risø National Laboratory han colaborado con críticas constructivas y sugerencias. Queremos dar las gracias de forma especial a Niels Otto Jensen y a Niels Gylling Mortensen. Dos de los modelos fundamentales usados en el cálculo del Atlas Eólico (el del cambio de la rugosidad del terreno y el del flujo a través de colinas), no se habrían podido realizar sin la activa colaboración de Niels Otto Jensen.

Los cálculos finales y la presentación de los resultados, así como el escrito y la edición del Atlas, se han beneficiado notoriamente de la dedicación y habilidad de Niels Gylling Mortensen.

En la última fase de la escritura del manuscrito, hay que señalar la ayuda lingüística y de edición de L. Crossby.

Un especial agradecimiento a los muchos compañeros de distintos departamentos en Risø que han sido extraordinariamente útiles en muchas tareas prácticas, como trabajo fotográfico, asistencia informática, dibujo de mapas, escritos, fotocopias y tantas muchas otras cosas.

Y con gran placer queremos remarcar la excelente cooperación de W. Palz de la Comisión, cuyo soporte continuado tanto en el trabajo científico y en los temas administrativos como en su constante interés, ha sido inestimable.

También queremos hacer constar nuestra apreciación de la buena cooperación que hemos tenido de W. Schnell, E. Van der Voort y G. Caratti de la Comisión y B. Rasmussen, consultante de la Comisión. Fue con profundo pesar que en Noviembre de 1985 recibimos la triste noticia de la prematura muerte de Werner Schnell. Su interés entusiástico en el proyecto del Atlas Eólico fue una gran ayuda y nos faltó.

Es nuestro deseo que esta publicación, que contiene estadísticas del clima eólico para todas las regiones de la CE basadas en datos minuciosamente seleccionados y analizados y en modelos desarrollados en base a las mejores teorías del momento, sea provechosa en cuanto a que proporciona una importante base, aunque inevitablemente incompleta, para el cálculo de los recursos eólicos en la CE. De hecho, la idea de abordar una publicación de este tipo nació en el sí de la Comisión y el grupo de trabajo del Atlas Eólico durante los siete años del estudio. Estamos en deuda con la Comisión por haberse mantenido en el proyecto a lo largo de tantos años y por haber proporcionado los fondos necesarios.

Por último agradecemos la excelente e inspirada colaboración con los compañeros y amigos del grupo de trabajo.

Varios modelos usados en el análisis fueron desarrollados expresamente para este estudio. El método basado en la ley de la resistencia aerodinámica geostrófica y en la ley de semejanza en la capa superficial, no había sido nunca aplicado anteriormente a regiones tan grandes y tan inhomogéneas topográficamente. Algunas veces, en momentos en que el estudio ha profundizado en temas hasta ahora desconocidos, ha aparecido la duda de que el proyecto pudiese alguna vez dar resultados aceptables y de que tantas complicaciones convirtieran el trabajo en imposible, obligándonos a volver a los métodos tradicionales del análisis de datos. Después de estos períodos difíciles, el grupo de trabajo ha estado siempre abierto a las sugerencias y consejos, y por eso este trabajo es más creíble.

La experiencia que con este estudio hemos adquirido, indica que la estadística climatológica funciona satisfactoriamente para la mayoría de los casos, y a menudo, mejor de lo previsto. Creemos realmente que el Atlas Eólico representa una fuente de información útil. Ha sido un verdadero placer, un privilegio y una posibilidad de aprender el haber participado en su producción.

# Capítulo 1

## Introducción al Atlas Eólico

El propósito del Atlas Eólico Europeo es el de establecer una base meteorológica para la valoración de los recursos eólicos. El principal objetivo es el de proveer de los datos necesarios para evaluar el potencial de energía eólica que podría ser transformado a electricidad por la instalación de aerogeneradores. Además, el Atlas Eólico proporciona también los datos y las nociones meteorológicas básicas necesarias para decidir sobre el emplazamiento de un aerogenerador.

Una característica importante en la energía eólica, es que la potencia que proporciona un aerogenerador es proporcional a la tercera potencia de la velocidad del viento. De aquí que, las exigencias de precisión en las estadísticas de la velocidad del viento para la predicción de energía, sean más importantes que en otras aplicaciones.

Otra característica notable del viento es la de las variaciones estacionales y de un año a otro de las condiciones eólicas. Un estudio acurado de la climatología eólica debe tener en cuenta estas variaciones, y es por eso que hay que usar varios años de datos.

Resumiendo, el poder aplicar medidas de datos de viento al cálculo de energía eólica, exige largas series temporales y de gran calidad. Para el estudio del Atlas Eólico se ha podido disponer de datos de gran calidad, provenientes de medidas realizadas en aeropuertos, estaciones climatológicas y sinópticas y buques-faro por toda Europa.

Los valores de la velocidad del viento en una estación meteorológica, dependen esencialmente de dos factores: los sistemas generales del tiempo, que se extienden generalmente unos cuantos cientos de kilómetros, y la topografía en los diez kilómetros cercanos a la estación. Estrictamente hablando, el uso directo de los datos de velocidad del viento medidos para los cálculos de recursos eólicos, es válido solamente para el lugar exacto de la medida. Es pues indispensable, disponer de algún sistema de conversión de estos datos antes de poder utilizarlos para el cálculo del potencial eólico de una región. En el estudio del Atlas Eólico, se ha hecho un gran esfuerzo para el desarrollo de estos métodos, resultando un conjunto de mode-



los para la extrapolación horizontal y vertical. Los modelos se basan en los principios físicos del movimiento de un fluido en la capa fronteriza de la atmósfera y tienen en consideración distintos fenómenos posibles, como son el cambio de las condiciones en la superficie, los efectos de resguardo debido a los edificios y otros obstáculos y las modificaciones que resultan en el flujo eólico al variar la topografía de la superficie. En la Figura 1.1 puede verse la estructura del funcionamiento de los modelos: desde los datos a la climatología eólica de la región. La figura muestra también como funciona la parte de aplicación del Atlas Eólico que, usando la climatología eólica regional como datos de entrada en el programa, calcula la climatología eólica en un lugar determinado. Los modelos se describen en detalle en el Capítulo 8.

Para realizar el cálculo de las climatologías eólicas regionales, se escogieron más de doscientas estaciones meteorológicas distribuidas en los países de la Comunidad Europea. Los resultados de 208 de estas estaciones se presentan en el Capítulo 7: *Estadísticas y climatologías de las estaciones*. Las estaciones se señalan en los mapas de los recursos eólicos en el Capítulo 2, y se listan en la Tabla 7.1. De cada estación se consiguió una serie de medidas meteorológicas a lo largo de diez años, con intervalos de medida trihorarios. Además, se dispone también de una descripción precisa de cada una de las estaciones y sus entornos, que incluye:

- tipo de terreno, es decir áreas acuosas, campo abierto, bosques, etc.
- obstáculos resguardantes cercanos, tales como edificios y setos.
- variaciones de la altura del terreno (orografía)

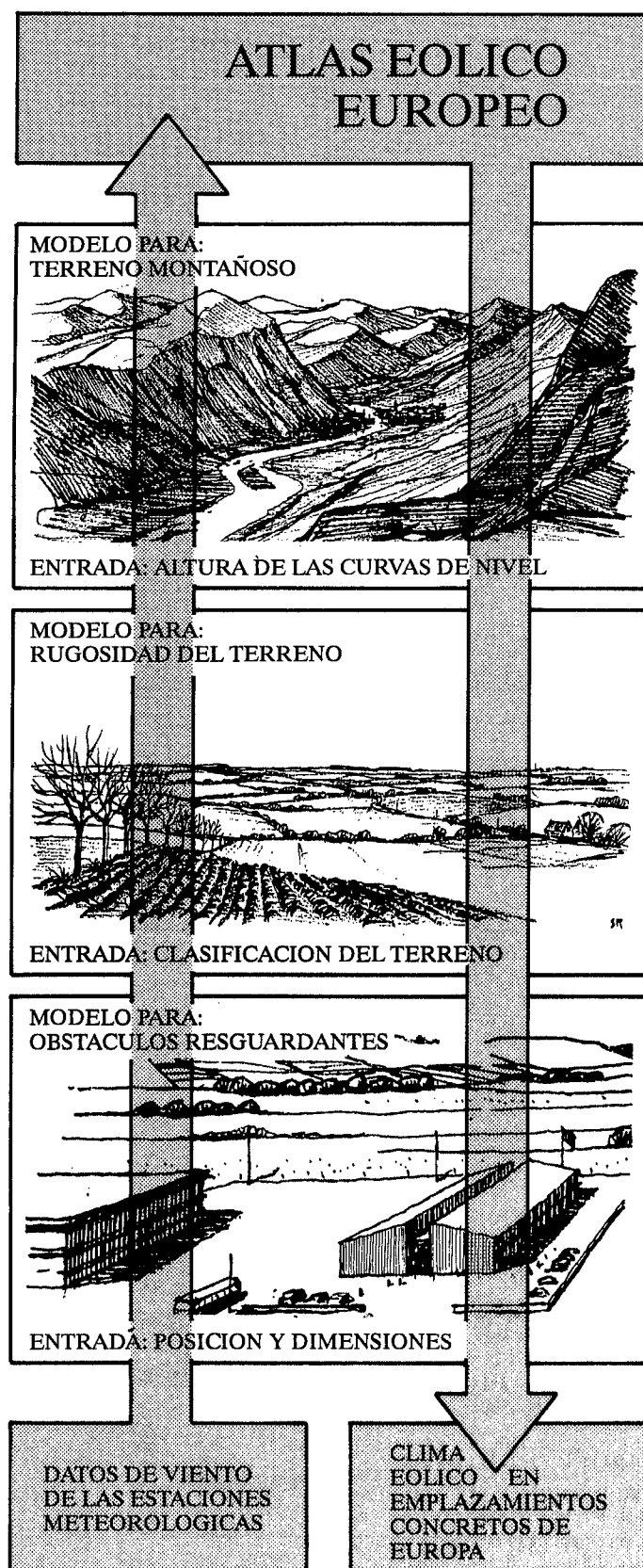
La clasificación del terreno comprende cuatro clases distintas de rugosidad, cada una de ellas correspondiente a un tipo distinto de terreno. Las clases de rugosidad se describen y se ilustran en las Figs. 1.2–1.5, y se dan también las relaciones entre clase de rugosidad y el parámetro de aspereza, que es de hecho la escala longitudinal más utilizada para caracterizar una superficie.

En el Capítulo 7, se da una descripción de cada una de las estaciones juntamente con la clase de rugosidad que le corresponde. Se dan también los resultados del análisis de los datos, medidos en forma de frecuencia de aparición de las velocidades del viento en doce sectores de dirección y en medias horarias y mensuales.

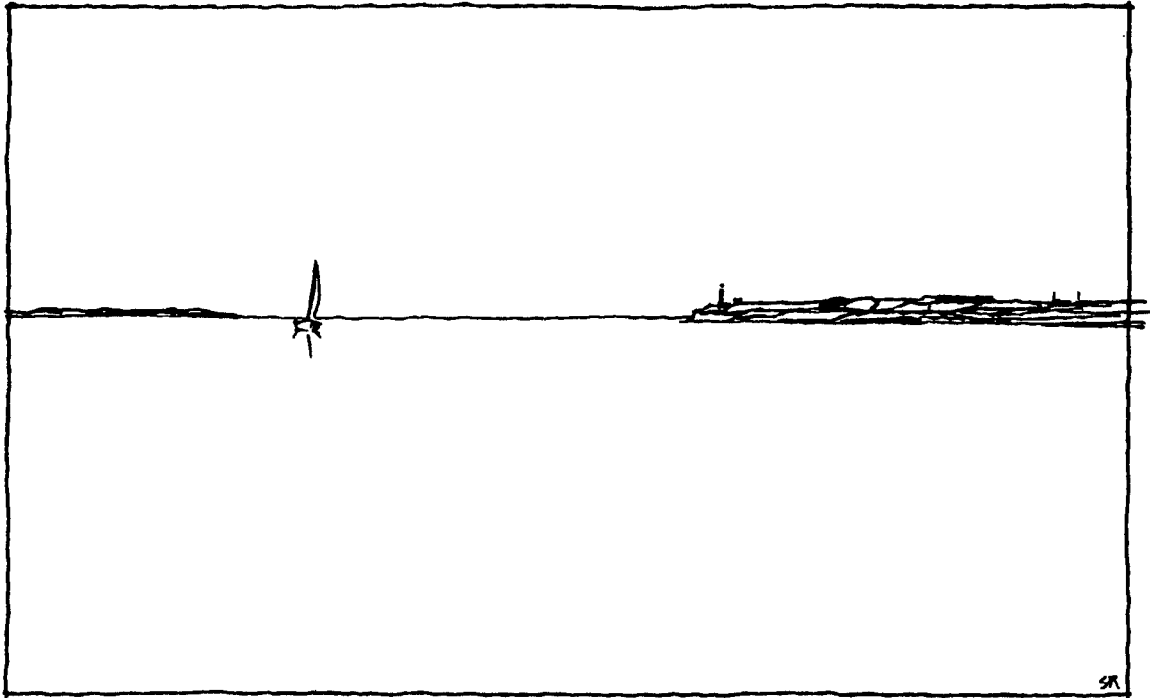
Para el cálculo de las climatologías, se han usado los modelos y las descripciones detalladas de los alrededores de cada una de las estaciones, para transformar los datos de velocidad y dirección del viento medidos a los datos correspondientes a que estas mismas estaciones tuvieran un entorno tal como:

- terreno llano y homogéneo
- ningún obstáculo en los alrededores
- y medidas tomadas en las alturas de 10, 25, 50, 100, y 200 m.

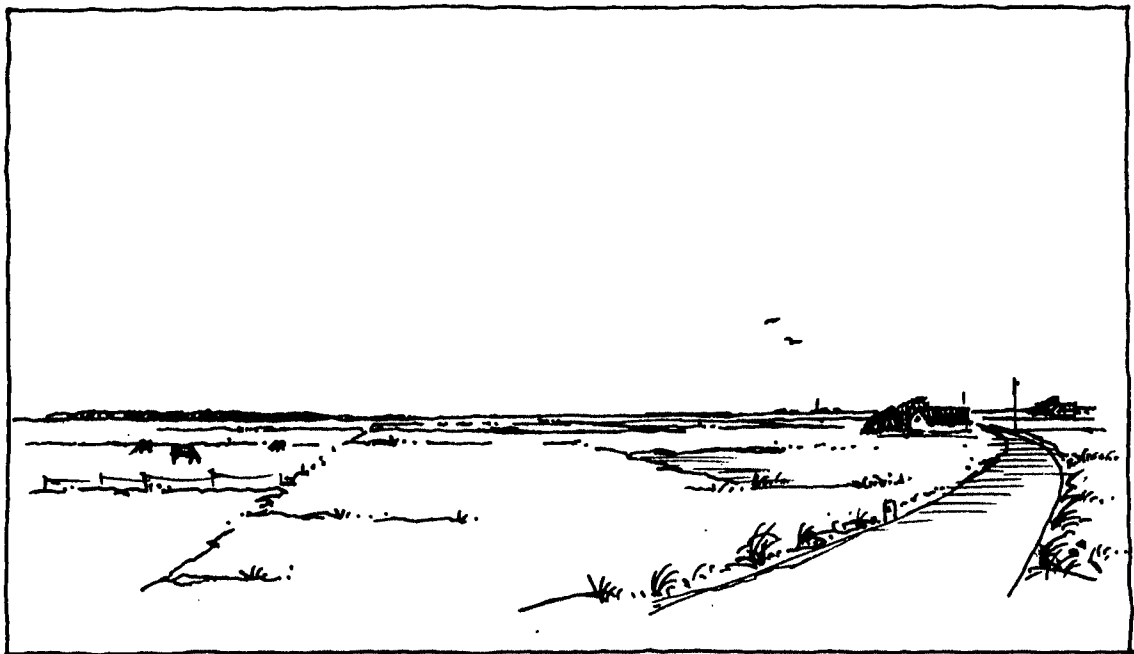
Por ejemplo, una de las series de datos transformados representa velocidades y direcciones del viento a 50 metros por encima del mar.



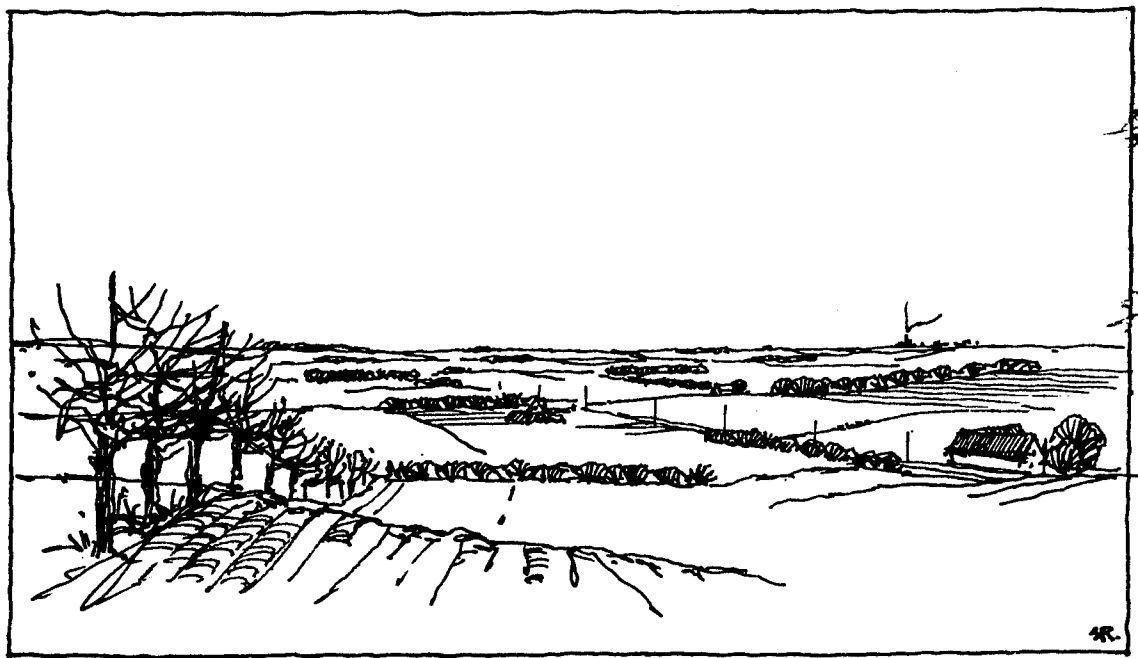
*Figura 1.1. El método del Atlas Eólico. Se usan modelos meteorológicos para calcular la climatología eólica regional a partir del resumen básico de datos. En el proceso inverso – la aplicación del Atlas Eólico – el clima eólico en cualquier lugar determinado puede ser calculado a partir de la climatología regional.*



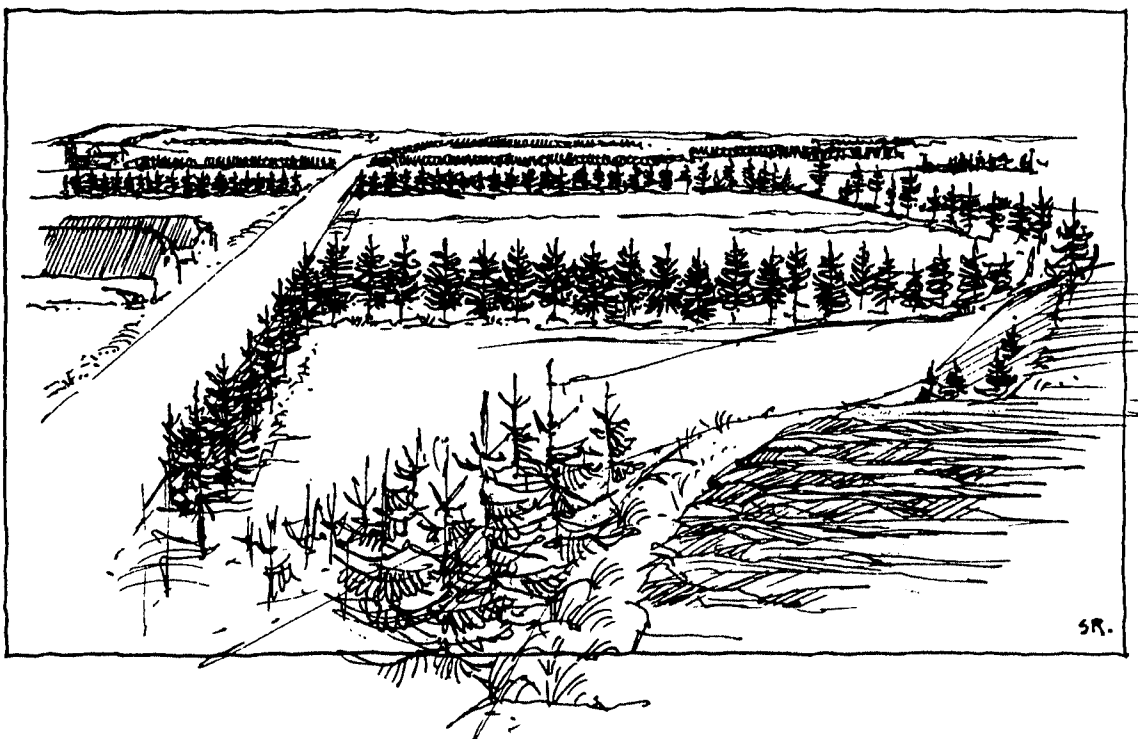
*Figura 1.2. Ejemplo de terreno correspondiente a una rugosidad de clase 0: áreas acuáticas ( $z_0 = 0.0002 \text{ m}$ ). Esta clase la forman el mar, los fiordos y los lagos.*



*Figura 1.3. Ejemplo de terreno correspondiente a una rugosidad de clase 1: áreas abiertas con pocos setos ( $z_0 = 0.03 \text{ m}$ ). El terreno es muy abierto y llano o suavemente ondulado. Se incluyen los casos de granjas, árboles y arbustos aislados.*



*Figura 1.4. Ejemplo de terreno correspondiente a una rugosidad de clase 2: tierra de cultivo con setos, la separación media entre los cuales sobrepasa los 1000 m, y algunas áreas con edificaciones dispersas ( $z_0 = 0.10$  m). El terreno se caracteriza por grandes zonas despejadas entre setos, dando al paisaje una sensación de apertura. El terreno puede ser llano u ondulado. Hay varios árboles y edificios.*



*Figura 1.5. Ejemplo de terreno correspondiente a una rugosidad de clase 3: distritos urbanos, bosques y campos de cultivo con muchos setos ( $z_0 = 0.40$  m). Los campos de cultivo se caracterizan por áreas reducidas separadas por setos, siendo la distancia media entre un seto y otro de tan sólo unos pocos centenares de metros. Los bosques y las áreas urbanas también pertenecen a esta clase.*

Con cuatro clases distintas de rugosidad y cinco alturas de referencia, de cada una de las series de datos resultan ahora 20 series de datos. Estas 20 series de datos para cada una de las 208 estaciones es lo que forma la base de la climatología eólica regional, porque a través del proceso de transformación, las series de datos han sido – *dentro de lo posible* – liberadas de la influencia de la topografía local para ser *regionalmente representativas*.

Como de representativa es una serie temporal de datos en una región, depende de la complejidad de la topografía y de los obstáculos que rodean la estación meteorológica. La representatividad de una estación se reduce extraordinariamente al aumentar la complejidad de la orografía circundante. Con el fin de diferenciar las estaciones y de juzgar sus representatividades, el paisaje europeo se ha clasificado en cinco tipos distintos basados en como influencia la orografía en el flujo atmosférico. Los paisajes se ilustran y se definen en las Fig. 1.6–1.10.

Las estadísticas que provienen de estaciones con un paisaje de los tipos 1 y 2, se considera que pueden aplicarse a una región de, aproximadamente,  $200 \times 200$  km. Las estadísticas procedentes de estaciones con paisajes de los tipos 3 y 4 pueden utilizarse para regiones de igual tamaño o más pequeñas, según las condiciones específicas. Frecuentemente, estas situaciones se dan en amplios valles o en laderas montañosas cuyas pendientes incrementan gradualmente hasta grandes macizos. Las estadísticas provenientes de estaciones en un paisaje del tipo 5 serán representativas sólo en una zona muy cercana a la estación.

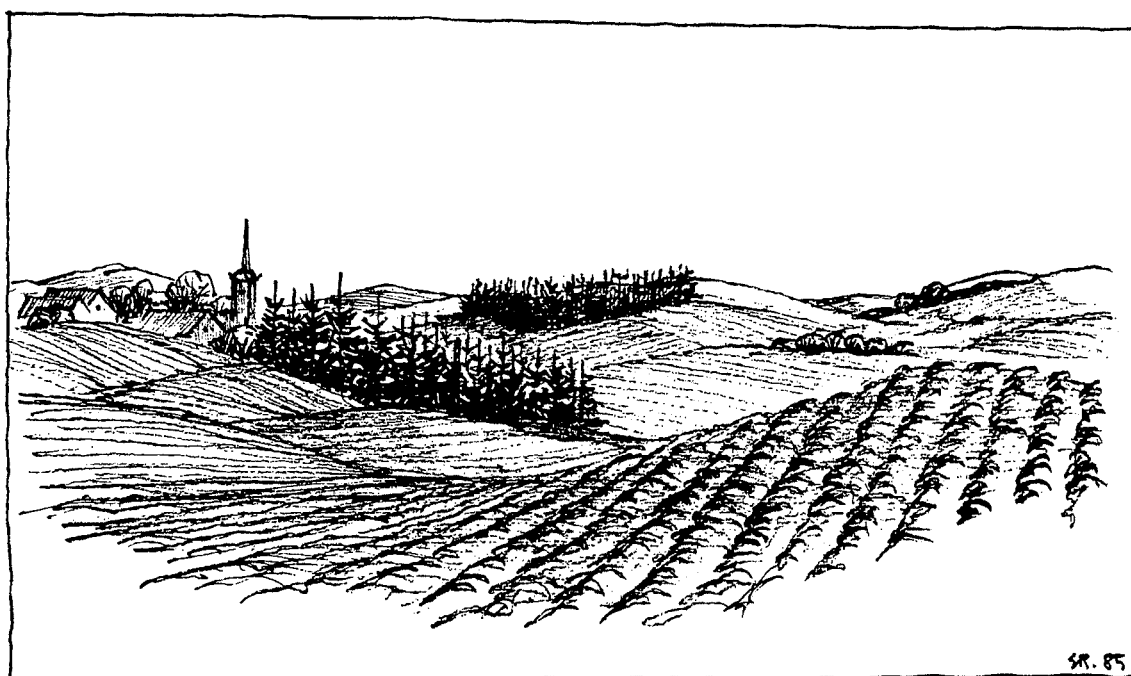
Hay que hacer notar aquí que las climatologías regionales, es decir las 20 series de datos obtenidas en cada estación, se basan en datos medidos al nivel inferior, generalmente a 10 metros de altura. No es sólo la transformación y el uso de estos datos para extrapolación horizontal la que arrastra incertidumbres, sino que la extrapolación vertical hasta alturas de 200 metros tiene también errores asociados. Las teorías físicas que se han usado para construir los procesos de transformación vertical han sido verificadas hasta alturas de unos 100 metros, a base de comparaciones con series de datos en torres meteorológicas. Por encima de los 100 metros, pocas series de datos se tienen con los que comparar y, aunque las comparaciones presentadas en el Capítulo 9 muestran un buen acorde entre los datos medidos y los modelados, también es cierto que las estadísticas que se han calculado para alturas de más de 100 metros están asociadas con incertidumbres superiores a las que se asocian con las calculadas para alturas inferiores.

La estadística más importante que se calcula a partir de una serie de datos de velocidad del viento para la estimación del potencial eólico es la *función de distribución de la probabilidad*. Y es importante porque, cuando esta función está bien definida para un determinado lugar, el cálculo de la media anual de producción de cualquier aerogenerador instalado en este lugar, consiste solamente en integrar el producto de esta función y la curva de potencia de este aerogenerador.

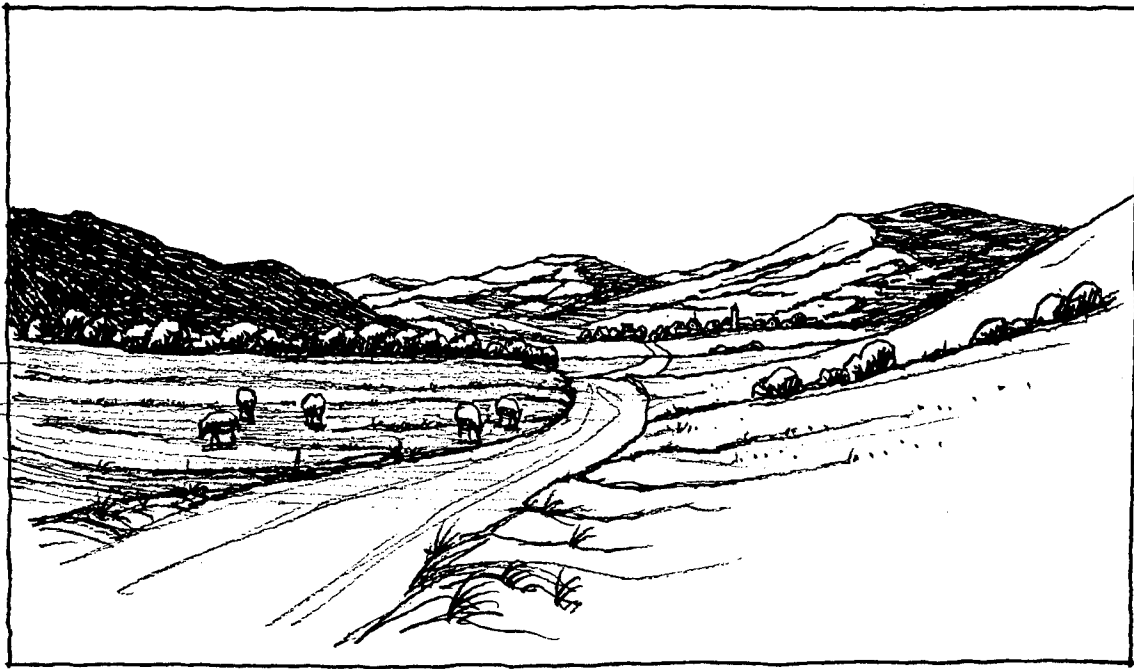
Una hipótesis de base en el Atlas Eólico es que los datos de velocidad del viento están distribuidos según la *distribución de Weibull*, la cual se muestra en la Fig. 1.11 y se explica más adelante en el Capítulo 8.



*Figura 1.6. Paisaje europeo del tipo 1: Llanos, áreas acuáticas y regiones de tierras bajas alejadas de montañas. El viento en superficie sólo se puede modificar por cambios de rugosidad en la superficie y por resguardo de obstáculos.*



*Figura 1.7. Paisaje europeo del tipo 2: Regiones suavemente onduladas y con algunas colinas lejos de montañas. Las dimensiones horizontales típicas de las colinas son de unos pocos kilómetros. El viento en superficie puede modificarse por el cambio de rugosidad en superficie, resguardo de objetos y – lo más importante – por la aceleración inducida por las colinas.*



*Figura 1.8. Paisaje europeo del tipo 3: Regiones fuertemente onduladas y en tierras altas ('Mittelgebirgs-relief'). Las dimensiones horizontales típicas de las colinas son de unos cuantos kilómetros. El viento en superficie se modifica con la topografía como en el paisaje del tipo 2. Además, el hecho de que los accidentes orográficos tengan una dimensión tal, puede afectar fuertemente a toda la capa fronteriza.*



*Figura 1.9. Paisaje europeo del tipo 4: Laderas montañosas. En estas regiones de pendientes abiertas se forman corrientes diferenciadas y persistentes, como es el caso del Föhn, el Bise, el Bora, el Mistral y la Tramuntana. Estas corrientes están provocadas por procesos tales como canalización, desviación, descenso por la vertiente a sotavento e intensificación hidráulica.*



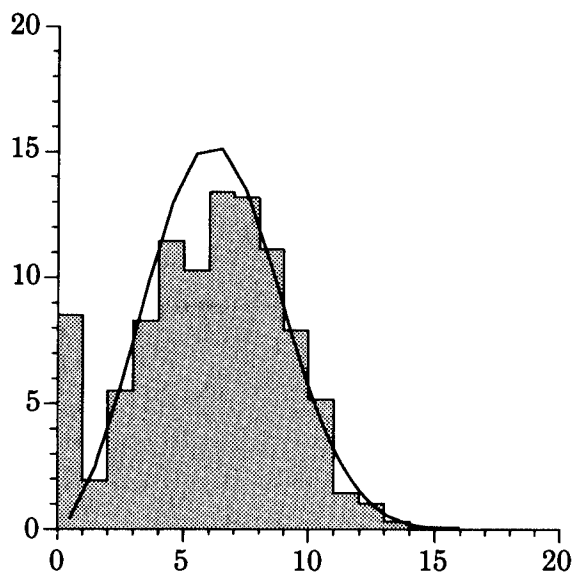
*Figura 1.10. Paisaje europeo del tipo 5: Grandes macizos montañosos cortados por profundos valles. El viento en las cimas puede ser representativo de los valores en la atmósfera libre dependiendo de la condiciones específicas de la región. En los valles, los vientos inducidos por las térmicas del sistema montaña y valle, dominan el clima eólico. Excepto en el caso del föhn en la ladera a sotavento, los vientos en los valles se separan de los vientos de la atmósfera libre.*

Como se ve en la Fig. 1.11, la distribución de Weibull, generalmente, se ajusta bastante bien a las velocidades del viento observadas y esto parece cumplirse en la mayoría de las 208 estaciones estudiadas. Como que en el Capítulo 7 se dan tanto los histogramas de los datos como los parámetros de las distribuciones ajustadas de Weibull, la concordancia de este ajuste en cada estación puede ser juzgada por el mismo lector. Los parámetros ajustados para cada una de las 20 transformaciones de la serie de datos se encuentran en la columna *Total* de las estadísticas de las estaciones. Con la intención de determinar los recursos eólicos en los lugares en los que las clases de rugosidad cambian con la dirección del viento – por ejemplo, un lugar en la costa – cada una de las 20 series se han dividido en otras 12 series en función de la dirección del viento. Los parámetros de la distribución de Weibull ajustada a esta nueva serie, también se dan en las estadísticas de las estaciones. Y finalmente, las estadísticas de cada estación incluyen también una tabla con los valores medios de la velocidad del viento y los valores medios correspondientes del contenido energético del viento para cuatro clases distintas de rugosidad y las cinco alturas de referencia. Estos valores para las 208 estaciones son la base para los mapas del Capítulo 2, de energía media y valores medios de la velocidad del viento.

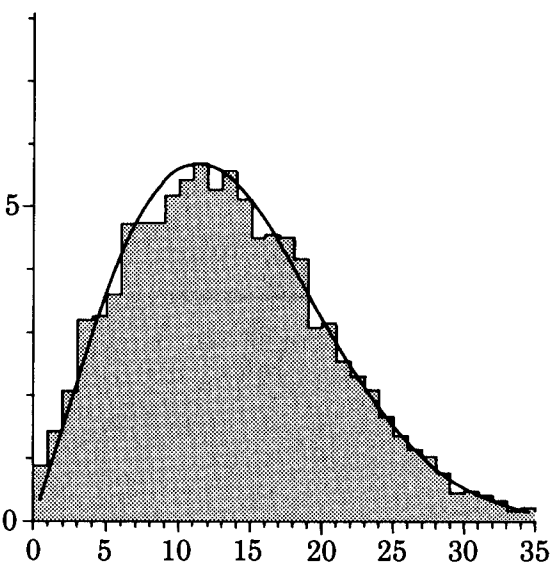
Hay que hacer notar que la validez de estas estadísticas derivadas para una estación, depende de la calidad de los datos obtenidos y de la cantidad de información de la que se dispone. Para alguna de las estaciones, ésta ha sido muy mínima debido a distintas razones, como por ejemplo, el caso en que las fotografías de las estaciones de un aeropuerto determinado han sido catalogadas como material militar y, por lo



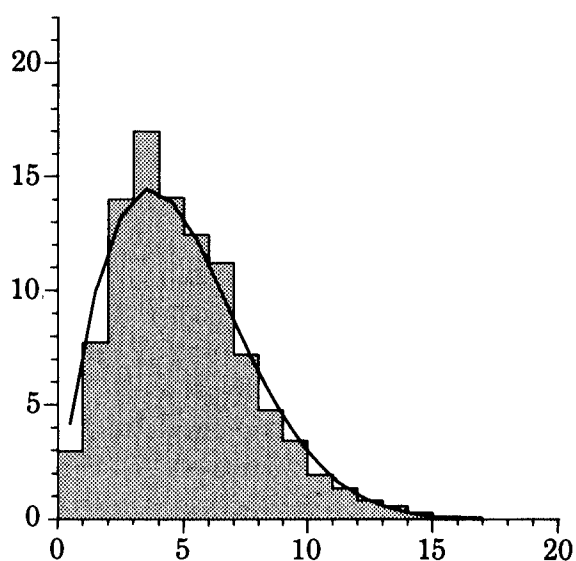
Fuerteventura, Islas Canarias, España  
 $A = 7.2 \text{ m s}^{-1}$ ,  $k = 2.78$



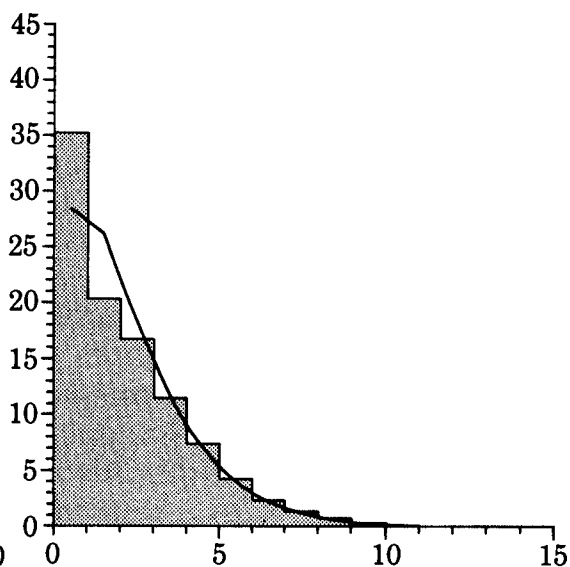
Snaefell, Reino Unido  
 $A = 15.4 \text{ m s}^{-1}$ ,  $k = 2.08$



Schiphol, Países Bajos  
 $A = 5.6 \text{ m s}^{-1}$ ,  $k = 1.83$



Mont de Marsan, Francia  
 $A = 2.4 \text{ m s}^{-1}$ ,  $k = 1.24$



*Figura 1.11. Histogramas de las medidas de la velocidad del viento y las correspondientes funciones de distribución de Weibull ajustadas para el caso de cuatro de las estaciones utilizadas en el Atlas. Los parámetros de Weibull se dan para cada estación: el parámetro de escala  $A$  está relacionado con el valor medio de la velocidad del viento y el parámetro de forma  $k$  determina la forma de la curva de Weibull. Ver Capítulo 8 para más detalles. Eje horizontal: velocidad del viento en metros por segundo. Eje vertical: frecuencia de ocurrencia en tanto por ciento.*

tanto, no utilizables en este estudio. Es posible que alguno de los usuarios del Atlas pueda disponer de descripciones más detalladas para algunas estaciones que las que aquí se han conseguido. También puede darse el caso de que algún usuario quiera extender el Atlas e incluir en él más estaciones. En ambos casos, el usuario puede recalcular las estadísticas en el Atlas y añadir más estadísticas de otras estaciones con la ayuda del programa de ordenador antes mencionado – el Programa de Análisis y Aplicación del Atlas Eólico – ya que, la parte de análisis de este programa, es lo que se usó para calcular también las estadísticas de los climas regionales en el presente Atlas.

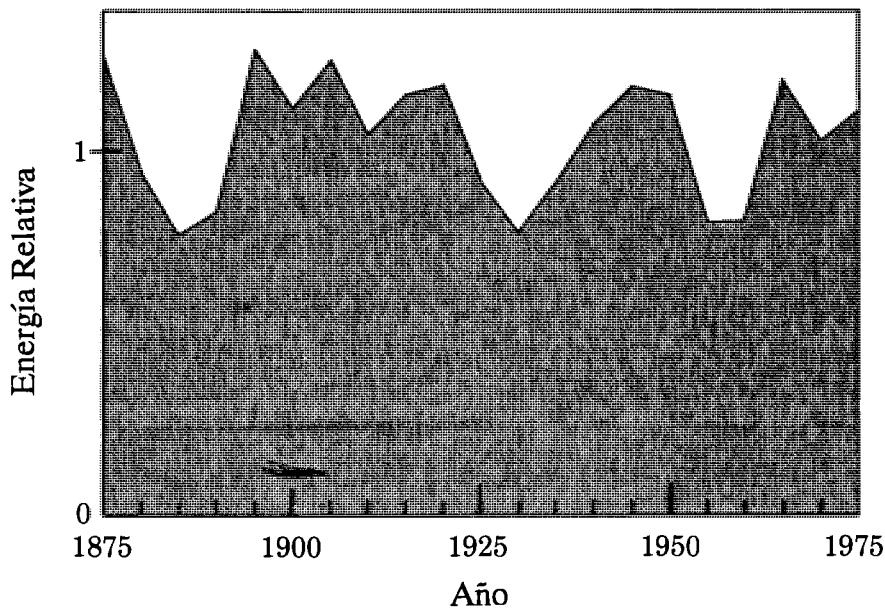
Existen muchos estudios que tratan el tema del clima eólico; algunos de ellos están listados en el Capítulo 10. En lugar de desarrollar un método específico para analizar el efecto de la topografía, tal y como se ha hecho en el Atlas Eólico, la mayoría de los estudios aplican los análisis estadísticos directamente sobre los datos. En algunos de ellos, se hacen rudimentarias correcciones de los datos para diferentes condiciones de observación y, debido a la gran variabilidad de las condiciones de observación causadas por las diferencias de topografía local, esta corrección puede ser muchas veces engañosa. Eso puede ser un problema, sobretodo cuando los mapas se dibujan a partir de la interpolación de los datos entre estaciones.

Los datos que forman la base de este Atlas cubren en la mayoría de los casos el período de diez años, 1970–1980. En temas de climatología práctica, es corriente utilizar períodos de 30 años como base de datos. La incógnita es: ¿hasta que punto un período de diez años es representativo para el clima a largo plazo?, y – más importante que eso – ¿como de grande puede esperarse que sea la diferencia en las décadas venideras?

Un estudio sobre la variabilidad del clima en el norte de Europa (Larsen et al., 1988) muestra como en los años setenta la energía media contenida en el viento fue muy similar a la media para el período 1873–1982. Pero el estudio muestra también que las variaciones de una década a otra, pueden llegar a superar el 30 por ciento. La Figura 1.12 enseña esta variabilidad.

Otro estudio (Petersen et al., 1981) consistente en el análisis del valor esperado de potencia que un aerogenerador a 45-m de altura puede extraer del viento en un período de 22 años, concluye que la variación interanual de potencia corresponde a una valor relativo medio de la desviación típica de un 13 por ciento aproximadamente.

Para una buena valoración económica del uso de la energía eólica, una variación tal no hay que olvidarla. Comparando con otros factores importantes como son tipos de interés y precios de otros combustibles, la incertidumbre en los recursos eólicos no es mayor que la esperanza de vida de un aerogenerador, digamos 20 años. Basándonos en los estudios citados, puede estimarse la variación de la energía media desde un período de 20 años a otro para tener una desviación típica de un  $\approx 10$  por ciento o menos.



*Figura 1.12. Energía media contenida en el viento para distintos periodos consecutivos de 5 años, a partir de las series temporales de Hesselø, Dinamarca, 1873-1982 (Larsen et al., 1988).*

Se ha señalado ya anteriormente como la fiabilidad del cálculo de la energía eólica basado en la estadística del Atlas Eólico depende de la fiabilidad de los datos de la estación concreta de la que se ha deducido la estadística. Un examen de la calidad de los datos se puede hacer para la mayoría de las estaciones, a partir de las descripciones de cada una de ellas y del conjunto de figuras tituladas *huellas climáticas del viento* en el Capítulo 7. Las huellas muestran las variaciones diarias y anuales del valor medio de la velocidad del viento y la energía media contenida en el viento. También hay una rosa de los vientos, el espectro y la desviación mes por mes entre las medias de la velocidad y la energía y el valor medio anual. Esta última estadística permite al usuario juzgar la variación de año en año en una determinada estación y, con eso, despreciar o tratar muy cuidadosamente las estaciones con una marcada tendencia en los datos.

## **Parte I**

# **LOS RECURSOS EOLICOS**



## Capítulo 2

# Los recursos eólicos en Europa

Los recursos de energía eólica a lo largo de Europa varían enormemente, pues coexisten en ella desde un clima marítimo en las Islas Británicas hasta un clima Mediterráneo en las islas Griegas, pasando por un clima continental en Alemania central. Estas variaciones son superiores a un factor diez en la escala de energías. Y, este cambio en el contenido medio energético del viento no se da sólo con distancias largas, si no que pueden observarse cambios sustanciales con distancias cortas también. Es por eso que para determinar los recursos eólicos en una región o en un lugar determinado es indispensable el disponer de datos y métodos fidedignos.

El propósito del Atlas Eólico es, pues, doble: presentar datos de viento y proveer de la metodología necesaria para generalizar estos datos a los entornos de las regiones de donde han sido tomados. Esto nos va a permitir el hacer estimaciones de los potenciales de energía eólica en distintos lugares y, así, decidir el emplazamiento idóneo para aerogeneradores.

En este capítulo se da primero una breve descripción del clima eólico en Europa, tal y como se deduce de los datos obtenidos en las 175 estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis del Atlas Eólico. Para una descripción más general del clima en Europa se recomienda al lector recurrir a los volúmenes del “World Survey of Climatology” (Landsberg and Wallén, 1970, 1977). Seguidamente, se dan en una serie de mapas los valores medios de los recursos de energía eólica a 50 metros de altura por encima de la superficie. Los mapas distinguen en la geografía cinco clases diferentes de energía eólica. Cada una de estas clases, que depende principalmente de la topografía, representa un rango de densidad de energía eólica o de valor medio de la velocidad del viento. Los valores esperados para los rangos de densidad de energía media y de velocidad media del viento, vienen tabulados para cinco condiciones topográficas distintas: zonas al abrigo o protegidas del viento, campo abierto llano, litoral marítimo, mar abierto y zonas con colinas o montañas expuestas al viento. Se han escogido estas condiciones sólo para dar una idea de los rangos típicos de energía eólica, y sólo como tales hay que interpretarlos. Hay que remarcar que condiciones específicas del terreno pueden provocar grandes modificaciones sobre estos valores en distancias muy cortas, especialmente en zonas de la costa o en zonas montañosas. Los mapas no muestran en general los cambios producidos debido a

fenómenos locales, pero pueden utilizarse junto con las tablas y el conocimiento de la topografía local para identificar posibles áreas de alto nivel energético. Se ha intentado, a pesar de todo, hacer algunas predicciones sobre donde pueden existir sistemas eólicos locales, debidos a la topografía o a grandes cambios de temperatura en superficie. En lugares de este tipo, el efecto de concentración puede elevar considerablemente el potencial eólico de la zona. Su localización en los mapas, que a falta de datos es un poco subjetiva, viene señalada por pequeños círculos. Notar como el efecto del Mistral, que no está en la categoría de un sistema local de viento, está bien determinado por los datos y aparece claramente en los mapas.

## 2.1 El clima eólico en Europa

Son tres los principales factores que marcan el régimen de vientos en Europa: la gran diferencia de temperatura entre el aire Polar en el norte y el aire Subtropical en el sur; la distribución de agua y tierra con el Océano Atlántico en el oeste, Asia en el este y el mar Mediterráneo y Africa en el sur; y las grandes fronteras orográficas como son los Alpes, los Pirineos y la cadena Escandinava.

Una característica remarcable en el clima eólico europeo es el régimen de vientos del norte (alrededor de unos 40 grados), que consiste en ciclones y anticiclones migratorios moviéndose hacia el este o hacia el noreste por encima del Atlántico norte penetrando en Europa.<sup>1</sup>

Los fuertes movimientos a 40 grados dirección norte pueden algunas veces descender por la mayor parte de Europa y llegar hasta el Mar Egeo, pero en general, cuando los ciclones se mueven desde el mar a la tierra, se retardan y se suavizan. Así, su influencia en el clima eólico lejos del Océano Atlántico, decrece y son otros los efectos que prevalecen.

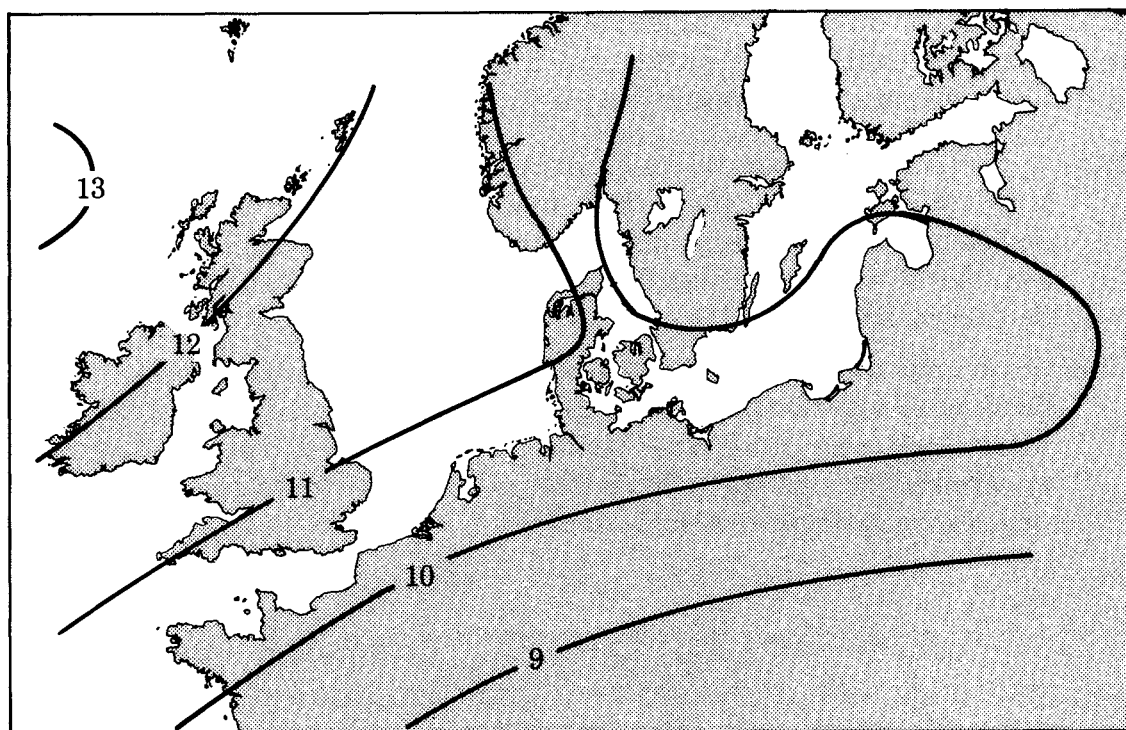
Desde el punto de vista de la energía eólica, basta con distinguir dos clases en el clima eólico en Europa:

- clima eólico en lugares en los que la energía que puede ser extraída del viento proviene principalmente de los ciclones con movimiento hacia el este.
- clima eólico en lugares en los que la energía que puede ser extraída del viento es sólo en parte – o no lo es en absoluto – debida a los ciclones con movimiento hacia el este.

El área más fuertemente influenciada por el tiempo debido al *movimiento hacia el este* se muestra en la Fig. 2.1. Es característico del clima eólico en esta parte de Europa el hecho de que el viento geostrófico medio, que es aproximadamente el viento medio a 1500 metros de altura, está bien definido a lo largo de grandes regiones. En la Fig. 2.1, puede distinguirse claramente la existencia de un gradiente global en el clima eólico de dirección de NW a SE.

---

<sup>1</sup>Los ciclones son sistemas de viento asociados a centros de bajas presiones, creados a lo largo del frente polar que separa el frío polar y las masas más cálidas de aire subtropical.



*Figura 2.1. El viento geostrófico medio en el Norte de Europa en metros por segundo. Basado en los datos de Børresen (1987) y las estadísticas en el capítulo 7.*

La segunda clase de clima eólico identificada anteriormente domina la mayor parte de las regiones de la Fig. 2.2, en donde África, el Mar Mediterráneo, Los Alpes y los terrenos predominantemente montañosos ayudan a la formación de sistemas de viento locales. Así ocurre con el Mistral, un viento fuerte del norte que penetra en el Valle del Rhone y se esparce por la Riviera Francesa hasta el Mar Mediterráneo durante largos períodos en invierno. También el Sirocco, que a través del Mar Mediterráneo transporta masas de aire con grandes cantidades de polvo Sahariano hasta los países del este de Europa. Los Etesios en la región del sureste europeo, de dirección e intensidad muy constantes. El Bora en el este del Mar Adriático, viento fuerte y polvoriento originado por masas de aire que rompen a través de vías estrechas en los Alpes. El Levante, un viento del este que sopla en la costa este de España y en el Estrecho de Gibraltar. El Vardarac (Verdarro), un viento del norte que sopla en la costa norte de Salonika. Existen más sistemas eólicos de carácter local, como por ejemplo el Bise y la Tramontana. Un fenómeno especial que se da en muchas regiones de Europa, es el Föhn, el más conocido del cuál es el que se da alrededor de los Alpes. El Föhn del norte es una capa de aire frío que sobrepasa la cadena montañosa de los Alpes, resultando un caudal en rachas de aire frío a lo largo de la vertiente sur de los Alpes. El Föhn del sur es el caso contrario al del Föhn del norte: un viento cálido y seco en los Alpes y en la vertiente norte de los Alpes.

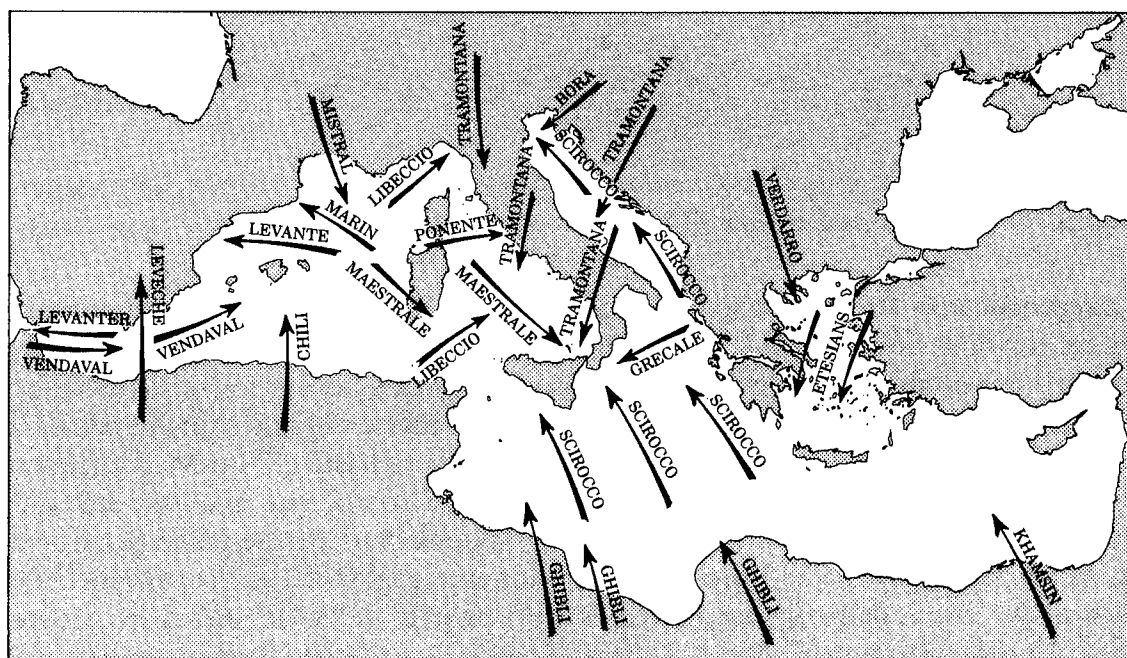
La descripción y la clasificación del clima en una región determinada no es siempre una cuestión sencilla de resolver. Los datos básicos para el Atlas Eólico son las funciones de frecuencia de la velocidad del viento. Además, el Atlas proporciona estadísticas que describen las condiciones climáticas del viento en cada estación. Antes de entrar en el estudio de este conjunto de estadísticas del viento, es nece-



sario acordar una definición para los términos de “Tiempo” y “Clima”. H.H. Lamb nos proporciona amplias definiciones (e información climatológica aconsejable) en el volumen “Climate: Past, Present and Future” (Lamb, 1972):

**Tiempo** es el conjunto global de condiciones atmosféricas en cualquier momento y lugar – el estado instantáneo de la atmósfera y especialmente los elementos de ella que afectan directamente a los seres vivos. Los elementos del tiempo son tales como temperatura, presión atmosférica, viento, humedad, nubosidad, lluvia, sol y visibilidad.

**Clima** es la suma total del tiempo que ha tenido lugar en un mismo sitio en el curso de un año y a lo largo de los años. Como que las condiciones medias de los elementos del tiempo cambian de un año a otro, el clima sólo puede ser definido en términos de algún período de tiempo – algún conjunto escogido de años, una década particular o algunas décadas.



*Figura 2.2. Los principales vientos en la región Mediterránea. Una breve descripción de cada viento se da en Huschke (1959). De: Series Grandi Progetti di Ricerca 3, ENEL, Italy.*

Distintas clases de estadística de vientos podrían considerarse en el momento de describir la climatología eólica de una región o de un determinado lugar. El conjunto estadístico dado para cada estación en el Capítulo 7 se ha seleccionado en base a la experiencia adquirida durante el análisis del Atlas Eólico, la cual indica que la información global de conjunto da, en general, una buena representación del clima eólico. Cada conjunto estadístico viene en dos tablas en el *Resumen de los datos básicos* y se da una presentación gráfica con cinco figuras bajo el término *Huellas climáticas del viento*. Los detalles de la estadística se describen en el Capítulo 7 y aquí vamos a tratar sólo dos índices climáticos importantes: los histogramas sectoriales y las variaciones anuales y diarias de la velocidad del viento.

**Los histogramas sectoriales de la velocidad del viento** (La función de distribución de la velocidad del viento). Se trata de una rosa de los vientos en la que, las medidas de la velocidad del viento se distribuyen según su dirección (12 sectores) en intervalos de  $1 \text{ m s}^{-1}$ . Las frecuencias altas en las velocidades bajas indican un clima peninsular como el que se observa en las estaciones en Alemania de München, Nürnberg y Stuttgart o en estaciones resguardadas por montañas como son las estaciones en Francia de Mont de Marsan, Perpignan y Carcassone. Para las dos últimas estaciones, las estadísticas también delatan direcciones preferentes del viento a lo largo de un valle. Estaciones fuertemente influenciadas por movimientos del oeste pueden ser identificadas por el hecho de tener frecuencias altas y velocidades del viento grandes en los sectores desde unos  $210^\circ$  hasta  $330^\circ$ . Son ejemplos de ello las estaciones de Bellmullet en Irlanda, Benbecula en UK, Hamburg en Alemania y Cambrai en Francia.

**Variación anual y diaria de la velocidad del viento** Las variaciones medias diaria y estacional de la velocidad del viento son, a menudo, buenos indicativos de la clase de clima eólico. Una variación diaria pequeña a lo largo del año, es característica de clima oceánico o de lugares con amplias cimas: ejemplos de ello son los dos buquesfaro – Texel (Países Bajos) y Horns Rev (Dinamarca) – y Snaefell (Isla de Man, UK, altura 615 m). Una variación diaria grande en todos los meses indica zonas en el sur de Europa, mientras que una variación diaria grande en verano y una variación pequeña en invierno son una característica ampliamente extendida en Europa en el norte de los Alpes. Las variaciones anuales, así como las diarias, están afectadas tanto por las condiciones a gran escala como por las locales, pero la variación anual es generalmente indicativa de la climatología regional. Son ejemplos las Islas Canarias, España, situadas en el cinturón de los vientos Alisios, mostrando un máximo en los meses de verano mientras que en los países del norte de Europa hay un mínimo en estos mismos meses.

Una discusión completa de las climatologías locales europeas, basadas en las estadísticas del Capítulo 7, sería salirnos de los propósitos de este Atlas. De todas formas, a partir del estudio y comparación de la información detallada que se da en el Capítulo 7, el lector puede obtener una impresión general sobre el clima eólico en Europa.

## 2.2 Mapas de recursos de energía eólica

Los recursos eólicos en Europa se muestran en 15 mapas coloreados. Los colores simbolizan los recursos eólicos disponibles. Los mapas pueden servir a dos fines distintos: uno de ellos es el de identificar amplias regiones con la certitud de que pueden ser explotadas como recurso eólico, y el otro el de mostrar la diferencia relativa a lo largo de Europa de la disponibilidad de recursos eólicos. Los recursos eólicos pueden variar enormemente a lo largo de distancias cortas debido a la topografía pero para mostrar estos detalles serían necesarios mapas de más alta resolución. Así, para la preparación de los mapas ha sido necesario anular la influencia de la topografía local y considerar sólo las diferencias a grandes escalas. Los mapas se

han realizado usando los datos de todas las estaciones meteorológicas incluidas en el Atlas Eólico. Hay una lista de las estaciones en el capítulo 7 y los métodos utilizados para anular de los datos los efectos de la topografía local se describen a lo largo del Atlas, y en particular en el Capítulo 8.<sup>2</sup>

Los mapas han sido realizados para mostrar la variación de los recursos eólicos a lo largo de anchos llanos lejos de montañas y líneas costeras. El cambio brusco entre distintos colores no refleja la realidad de los recursos eólicos, es sólo consecuencia de la técnica usada en la ilustración.

En las áreas montañosas, la impresión proporcionada por los mapas es menos conseguida. Para facilitar la evaluación de la influencia de las montañas y por lo tanto, aumentar la información, los mapas van acompañados de una rúbrica para las *diferencias de relieve*, es decir, la diferencia entre el nivel más alto y el más bajo dentro de unidades de área de 100 km<sup>2</sup> de superficie. Y, aunque los mapas no señalan los efectos de la topografía local, se hace una excepción con el fenómeno al que nos referimos con el término *efectos de concentración local*. La topografía típica para favorecer una situación tal, son valles y cañones descendientes de montañas en una dirección paralela al viento predominante a gran escala con un estrechamiento en algún lugar. Otro ejemplo sería una cuenca a la que llega una corriente de aire frío procedente de las montañas vecinas (Wegley et al., 1980). El notable desarrollo que el tema de la energía eólica ha experimentado en California desde 1980 hasta la actualidad es debido principalmente a la existencia de efectos de concentración en los pasos costeros y del interior, los cuáles actúan como embudo para el aire frío marino procedente del Oceano Pacífico, dirigiéndolo a los valles cálidos y secos del interior de California. De entre los pasos principales o pasillos de viento con gran potencial eólico y grandes parques eólicos, destacan: Altamont Pass, Tehachapi Pass, y San Gorgonio Pass (Elliot et al., 1986).

No se dan este tipo de efectos tan pronunciados en los pasos que pueden encontrarse en Europa, pero sí que hay zonas favorables a ellos, especialmente en el sur de Europa. A falta de datos, estas zonas no han podido identificarse para el Atlas Eólico, pero los mapas sugieren una posible localización para áreas de este tipo.

La representación cualitativa de los recursos eólicos en los mapas, puede interpretarse cuantitativamente en términos de producción anual de energía en kWh. Para ello se necesitan dos cosas: las características del sistema de conversión de energía eólica – como por ejemplo, la curva de potencia de un aerogenerador – y conocimientos acerca de la energía aprovechable debido a la topografía local. Este último aspecto se aclara en los recuadros en los mapas, que dan el valor medio de la velocidad del viento y la densidad energética media a 50 metros de altura para cinco clases distintas de topografía. En el Capítulo 4 se explica como estos datos pueden traducirse a distintas alturas y como trabajar con ellos en casos prácticos.

---

<sup>2</sup>Las influencias a escala local en este contexto son las situaciones de resguardo al viento debidas a los edificios vecinos y las modificaciones del viento debidas al terreno entre 10 y 20 km desde la estación de medida.

Consideremos el siguiente ejemplo para ver como los mapas pueden representar una medida cuantitativa de los recursos eólicos, teniendo en cuenta tanto las variaciones regionales como la dependencia topográfica: ¿Cuántas casas pueden abastecerse con la electricidad que produce un gran aerogenerador de 50 metros de altura, 50 metros de diámetro de rotor y 1 MW de potencia, si cada casa consume 4500 KWh por año?<sup>3</sup> La respuesta se encuentra en la Fig. 2.3 porque en este caso concreto, el cálculo nos dice que el número de casas es del mismo orden de magnitud que la densidad de energía a 50 metros. Así, por ejemplo, en la costa noroeste de Francia, entre 400 y 700 casas podrían ser alimentadas por este aerogenerador, y aproximadamente el mismo número de ellas en el centro de Portugal, si el aerogenerador está situado en una montaña expuesta al viento y el consumo de energía es el mismo en los dos países.

Así, los mapas revelan como las áreas potencialmente válidas para el aprovechamiento de la energía eólica, están dispersas por toda Europa. Las que tienen más extensión de recursos eólicos son: las Islas Británicas, la región del Mar del Norte en la Europa oeste continental, la parte noroeste de la Península Ibérica y la mayoría de las islas Griegas. En el Mediterráneo, algunas regiones disfrutan – desde el punto de vista de la energía eólica – del beneficio de ciertos procesos atmosféricos especiales que son favorables al viento. Sistemas eólicos bien conocidos son el Mistral, la Tramuntana y el Bora. Algunos sistemas eólicos mucho más locales – favorecidos por la topografía y las grandes diferencias superficiales de temperatura – pueden encontrarse a lo largo de Europa, sobretodo en la parte más al sur. En lugares así, el efecto de concentración puede producir altos niveles de energía eólica. A falta de datos, estos lugares no han podido identificarse de forma objetiva en el Atlas Eólico. Finalmente, debido a posibles incrementos del potencial de energía eólica que pueden aparecer bajo ciertas condiciones topográficas, como por ejemplo, colinas expuestas al viento o litoral perpendicular al viento predominante, es posible encontrar en toda Europa zonas en las que es válido el aprovechamiento de la energía eólica, incluso si en los mapas aparecen en regiones de escasa energía. No es posible localizar un tipo de zona así en regiones escasas en recursos eólicos a partir del Atlas Eólico. Para ello hay que realizar medidas de viento durante algunos años en zonas de las que se sospecha son ricas en recursos eólicos. Los métodos especificados en el Atlas Eólico pueden ser utilizados en la selección de estas zonas y en la decisión del formato para las medidas.

---

<sup>3</sup>Este es el valor medio de la electricidad que se consume en una casa en Dinamarca cuando el sistema de calefacción no es eléctrico.

### 2.3 Leyenda en los mapas de los recursos eólicos

Los recursos eólicos y las diferencias de relieve en los países de la CE se muestran en 15 mapas de colores en las páginas siguientes. Se han señalado también los ríos más importantes y las fronteras.

**Los recursos eólicos** se refieren a una altura de 50 metros por encima de la superficie y la leyenda informa de la velocidad media del viento y de la densidad media de energía eólica para 5 condiciones topográficas distintas. Las áreas en donde se especula puedan haber efectos de concentración es local, pero de las que no se dispone de medidas de viento, se indican en los mapas con círculos.

**Las diferencias de relieve** es la diferencia en altura entre el nivel más alto y el más bajo en la unidad de área de 100 km<sup>2</sup> – aquí círculos de 5.6 km de radio (Rutkis, 1971). Para el propósito del Atlas, es suficiente el marcar las diferencias de relieve para tres amplias clases:

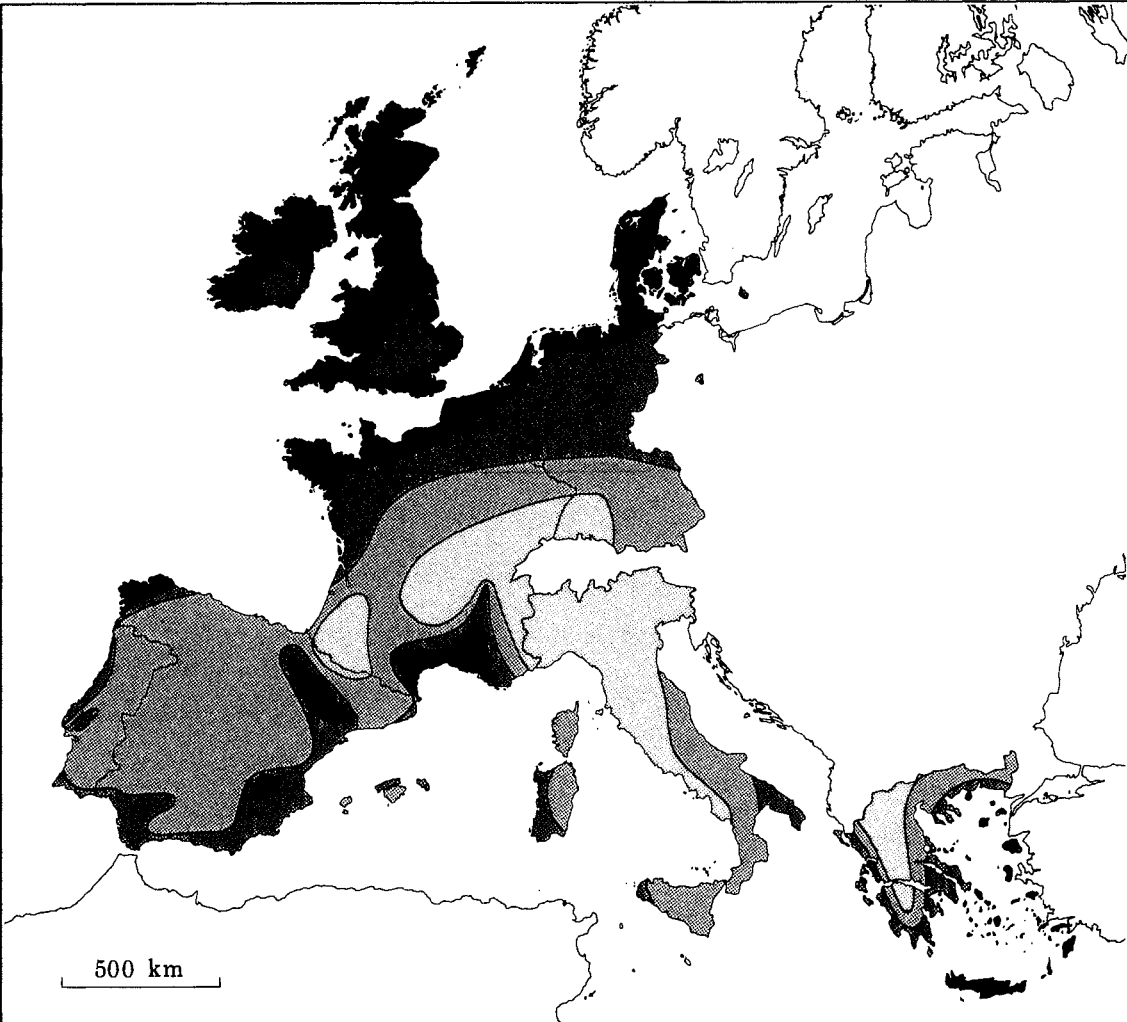
| Tonalidad | Diferencias de relieve [m] |
|-----------|----------------------------|
| ninguna   | 0 – 200                    |
| clara     | 200 – 800                  |
| oscura    | > 800                      |

La diferencia de relieve no se señala en los mapas de Grecia y en las islas del Atlántico, Portugal y España por falta de datos en estas áreas.

Una información más detallada de las diferencias de relieve en el oeste de Europa, puede encontrarse en el mapa de William-Olsson (1974), en el que se consideran ocho clases distintas en función del relieve.

Aunque no existe una relación directa entre las diferencias de relieve que se señalan en los mapas y los distintos tipos de paisajes mencionados en el Capítulo 1, los paisajes 1 y 2 están en la mayoría de los casos en la clase inferior de diferencia de relieve, mientras que los paisajes tipo 5 estprotectásn básicamente en las zonas de tonalidad oscura. Las zonas de tonalidad clara acostumbran a pertenecer a paisajes tipo 3 y 4.

*Figura 2.3. Distribución de los recursos eólicos en Europa. Con el uso de la leyenda el aprovechamiento de la energía eólica a 50 metros puede ser estimado en cinco distintas condiciones topográficas. No se han señalado regiones en las que pueden darse efectos de concentración local. Las Azores, Madeira y las islas Canarias no están en el mapa pero pueden encontrarse en los mapas posteriores más detallados.* ►



| Recursos eólicos <sup>1</sup> a 50 metros por encima del nivel del suelo para cinco condiciones topográficas |                                  |                  |                            |                  |                             |                  |                          |                  |                                 |                  |
|--|----------------------------------|------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------|------------------|---------------------------------|------------------|
|  | Terreno resguardado <sup>2</sup> |                  | Campo abierto <sup>3</sup> |                  | Costa marítima <sup>4</sup> |                  | Mar abierto <sup>5</sup> |                  | Colinas y montañas <sup>6</sup> |                  |
|  | m s <sup>-1</sup>                | Wm <sup>-2</sup> | m s <sup>-1</sup>          | Wm <sup>-2</sup> | m s <sup>-1</sup>           | Wm <sup>-2</sup> | m s <sup>-1</sup>        | Wm <sup>-2</sup> | m s <sup>-1</sup>               | Wm <sup>-2</sup> |
|  | > 6.0                            | > 250            | > 7.5                      | > 500            | > 8.5                       | > 700            | > 9.0                    | > 800            | > 11.5                          | > 1800           |
|  | 5.0-6.0                          | 150-250          | 6.5-7.5                    | 300-500          | 7.0-8.5                     | 400-700          | 8.0-9.0                  | 600-800          | 10.0-11.5                       | 1200-1800        |
|  | 4.5-5.0                          | 100-150          | 5.5-6.5                    | 200-300          | 6.0-7.0                     | 250-400          | 7.0-8.0                  | 400-600          | 8.5-10.0                        | 700-1200         |
|  | 3.5-4.5                          | 50-100           | 4.5-5.5                    | 100-200          | 5.0-6.0                     | 150-250          | 5.5-7.0                  | 200-400          | 7.0- 8.5                        | 400- 700         |
|  | < 3.5                            | < 50             | < 4.5                      | < 100            | < 5.0                       | < 150            | < 5.5                    | < 200            | < 7.0                           | < 400            |

- 1. Los recursos se refieren a la energía que hay en el viento. Un aerogenerador puede utilizar entre un 20 y un 30 % de los recursos disponibles. Los recursos se han calculado para una densidad del aire de 1.23 kg m<sup>-3</sup>, que corresponde al valor de presión de referencia al nivel del mar y a una temperatura de 15°C. La densidad del aire decrece con la altura pero por encima de los 1000 m sobre el nivel del mar, la reducción resultante es inferior a un 10%. Ver Tabla B.1 en el Apéndice B.
- 2. Distritos urbanos, bosques y tierras de cultivo con muchos setos (clase 3 de rugosidad).
- 3. Paisajes abiertos con pocos setos (clase 1 de rugosidad). En general, las zonas interiores más favorables a nivel del suelo se encuentran aquí.
- 4. Las clases pertenecen a un litoral rectilíneo, rosa de los vientos uniforme y superficie de tierra con pocos setos (clase 1 de rugosidad). Los recursos serán superiores, y similares a valores correspondientes a mar abierto, si los vientos de mar son los más frecuentes, es decir, si la rosa de los vientos no es uniforme y/o la tierra penetra en el mar. Contrariamente, los recursos serán generalmente inferiores, y similares a valores correspondientes a los de tierra, si los vientos de tierra son los más frecuentes.
- 5. Más de 10 km de la costa (clase 0 de rugosidad).
- 6. Las clases corresponden a un 50% de aumento de velocidad y se refieren a zonas en la cresta de una colina con simetría axial de 400 metros de altura y una base de 4 km de diámetro. El exceso de velocidad depende de la altura, longitud y emplazamiento específico de la colina.



## **Parte II**

# **DETERMINACION DE LOS RECURSOS EOLICOS**





# Capítulo 3

## Conceptos generales

Llamamos *valoración regional* a la estimación del potencial eólico basada en el conjunto de todas las estimaciones del contenido medio energético del viento a lo largo de la región, y nos sirve para el *emplazamiento* de un aerogenerador, es decir, para hacer una predicción de la energía media anual que un aerogenerador determinado produciría en ese lugar. La información necesaria para decidir el emplazamiento tiene que ser más detallada que la de la valoración regional de recursos. Pero las dos aplicaciones utilizan los conceptos generales del análisis topográfico y las climatologías eólicas regionales.

Para calcular los efectos de la topografía en el viento, se necesita una descripción sistemática de las características topográficas de la zona.

En las proximidades de un obstáculo, como puede ser un edificio, el viento está fuertemente afectado por éste. El efecto se extiende verticalmente hasta una distancia de unas tres veces la altura del obstáculo, y horizontalmente siguiendo la corriente, a unas 30 o 40 veces la altura. Si el punto en el que nos interesa evaluar el viento, o el punto en el que tenemos la estación, está en esta región, hay que tener en cuenta el efecto resguardante.

El efecto conjunto de la superficie del terreno y de los obstáculos, consistente en un retraso en el viento en superficie, es a lo que nos referimos con el nombre de rugosidad superficial. Como ejemplos de los elementos topográficos que contribuyen a la rugosidad, podemos citar la vegetación y las casas.

Los elementos orográficos, así como colinas, precipicios, acantilados y sierras ejercen también su influencia en el viento. En las cimas y crestas de estos accidentes orográficos, el viento se acelerará mientras que, en los pies de las colinas y en los valles, se va a decelerar.

Para una situación determinada, son tres los principales factores de la topografía que afectan al viento: resguardo, rugosidad y orografía. Así, como regla general, hay que especificar los obstáculos vecinos, la rugosidad del terreno circundante y la orografía.

### 3.1 La rugosidad de un terreno

La rugosidad en una determinada superficie se calcula por la medida y la distribución de los elementos rugosos que contiene; para superficies de tierra estos elementos son típicamente vegetación, áreas edificadas y tipo de suelo. En el Atlas Eólico, los terrenos se han dividido en cuatro clases distintas, cada una caracterizada por la rugosidad de sus elementos. Las referencias a cada tipo de terreno se hacen a través de su *clase de rugosidad*. En las Figs. 1.2–1.5 se da una descripción e ilustración de cada una de estas clases.

#### El parámetro de aspereza

La rugosidad del terreno se acostumbra a parametrizar por una escala de longitud llamada el parámetro de aspereza  $z_0$ .

Lettau (1969) proporciona una relación empírica sencilla entre los elementos rugosos y el parámetro de aspereza. Un elemento rugoso se caracteriza por su altura  $h$  y por la sección que se encara al viento  $S$ . Además, para un determinado número de elementos rugosos distribuidos por toda una área, la densidad puede describirse a partir del área horizontal media,  $A_H$ , adjudicable a cada elemento. Así

$$z_0 = 0.5 \cdot \frac{h \cdot S}{A_H} \quad (3.1)$$

Esta es una buena relación para estimar el valor de  $z_0$ , cuando  $A_H$  es mucho mayor que  $S$ . Si  $A_H$  es del mismo orden de magnitud que  $S$ , tiende a sobrestimar  $z_0$ ; y esto sucede porque, cuando los elementos rugosos están muy próximos entre sí, el flujo se “eleva” por encima de ellos. En este caso, sólo una parte de  $S$  y de  $h$  contribuyen a la rugosidad. Además, la elevación del flujo requiere que la altura por encima de la superficie, sea medida en algún punto entre el tope y la mitad de la altura de los elementos rugosos. Esta altura recibe el nombre de *longitud de desplazamiento*. La longitud de desplazamiento hay que tenerla en cuenta muy a menudo, principalmente en sitios como bosques, ciudades y vegetación alta. También, en la Ec. 3.1 se asume que la porosidad es nula, es decir, los elementos rugosos son macizos. Para los elementos de rugosidad porosos, la  $z_0$  de la Ec. 3.1 tiene que reducirse por un factor igual a la porosidad.

**Ejemplo 3.1** La Ecuación 3.1 puede ser utilizada para el cálculo del parámetro de aspereza de un terreno con muchas casas (p.e. un pueblo). La rugosidad se estima a partir de  $h = 5$  m,  $S = 100$  m<sup>2</sup> y  $A_H = 1000$  m<sup>2</sup>:

$$z_0 = 0.5 \cdot 5 \cdot \frac{100}{1000} = 0.25 \text{ m}$$

La relación empírica puede también aplicarse a los setos (zonas resguardantes) dejando  $S \sim hL$  y  $A_H \sim \ell L$ , en donde  $L$  es la longitud del seto y  $\ell$  la distancia entre ellos. Así, la Ec. 3.1 se convierte en:

$$z_0 = 0.5 \cdot \frac{h^2}{\ell} \quad (3.2)$$

Para un valor de la altura de 10 m, la influencia de la  $\ell$  en  $z_0$  se ilustra con la siguiente tabla:

|        |     |      |     |      |
|--------|-----|------|-----|------|
| $\ell$ | [m] | 1000 | 500 | 200  |
| $z_0$  | [m] | 0.05 | 0.1 | 0.25 |

Hay que remarcar que hemos considerado una porosidad nula en el cálculo anterior. Para setos, árboles y arbustos, la porosidad es de, aproximadamente, 0.5, lo que implica que la distancia  $\ell$  entre setos debe reducirse a la mitad para tener la misma porosidad.

La Figura 3.1 indica la relación entre el parámetro de aspereza, las características del terreno y la clase de rugosidad. El parámetro de aspereza de las superficies con vegetación puede variar con la velocidad del viento. Por ejemplo, los tallos de las plantas al doblarse con el viento, pueden cambiar la forma de la superficie. Un fenómeno parecido se da con las olas en el mar en donde, tanto su altura como su forma dependen de la velocidad del viento. Basándonos en el estudio de las dimensiones, llegamos a la siguiente expresión para la rugosidad en el agua cuando se desprecian los efectos viscosos y la tensión superficial del agua (Charnock, 1955):

$$z_0 = b \frac{u_*^2}{g} \quad (3.3)$$

en donde  $b$  es una constante ( $b \approx 0.014$ ),  $g$  la aceleración de la gravedad y  $u_*$  la velocidad de rozamiento (ver Ec. 8.2).

En el Atlas Eólico se han provado dos opciones: el uso de la Ec. 3.3 o un valor fijo para la rugosidad en las superficies acuosas, clase 0 de rugosidad. El resultado es que, un valor fijo de 0.0002 m daba resultados tan buenos como los de la Ec. 3.3 para vientos de moderados a altos, en cuanto a los intereses del Atlas Eólico se refiere. Por lo tanto, todas las estadísticas del Atlas en superficies acuosas se han calculado a partir de este valor.

Queremos señalar que, en general, el parámetro de aspereza tal y como se aplica en el Atlas Eólico debe ser considerado como un parámetro climatológico, ya que la rugosidad en un terreno varía con el crecimiento de las plantas, la pérdida de las hojas, las nevadas y demás. La producción energética de un aerogenerador tiene que predecirse en función del clima y de las variaciones del tiempo; no obstante, las variaciones estacionales de las características locales del terreno pueden también tener una profunda influencia.

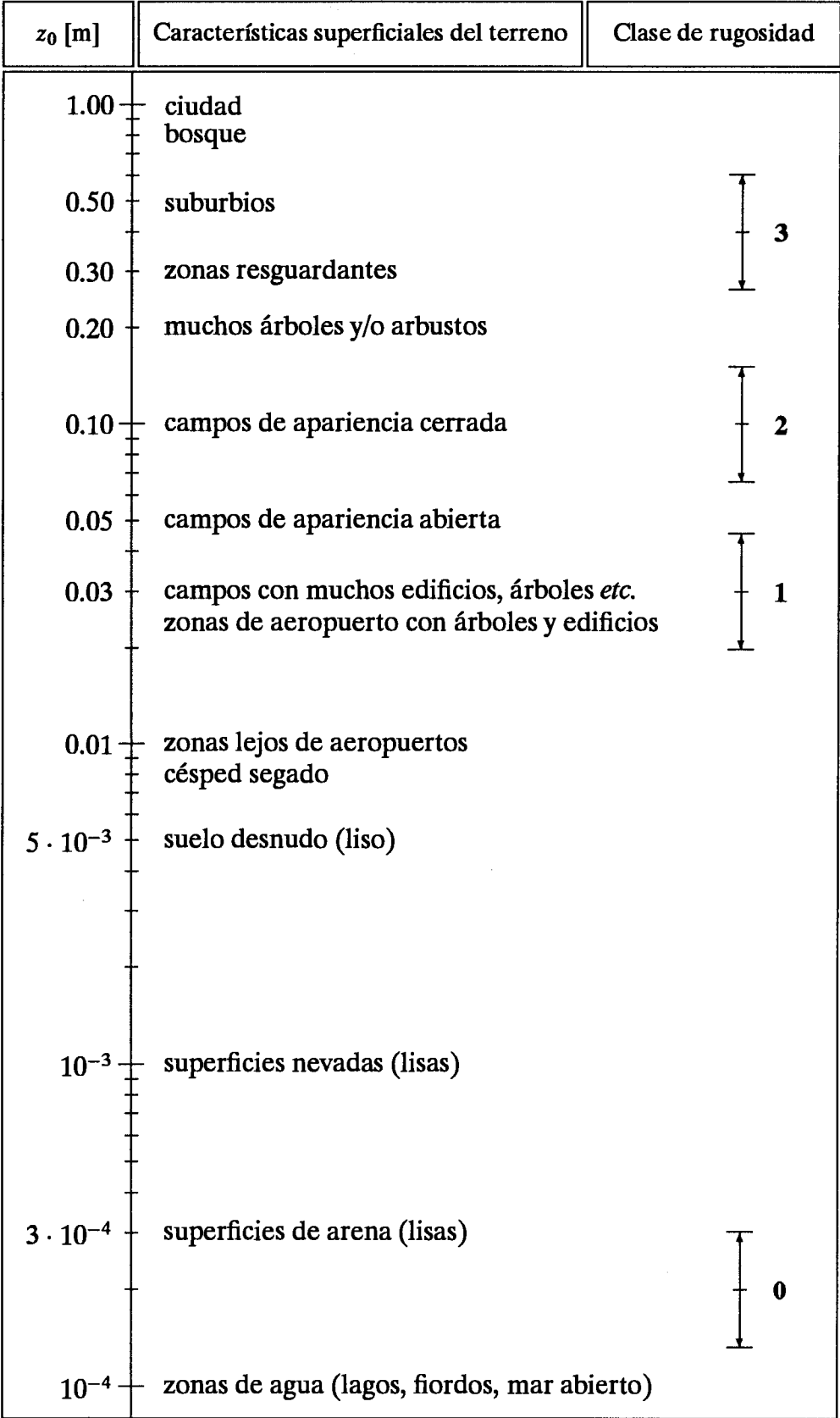


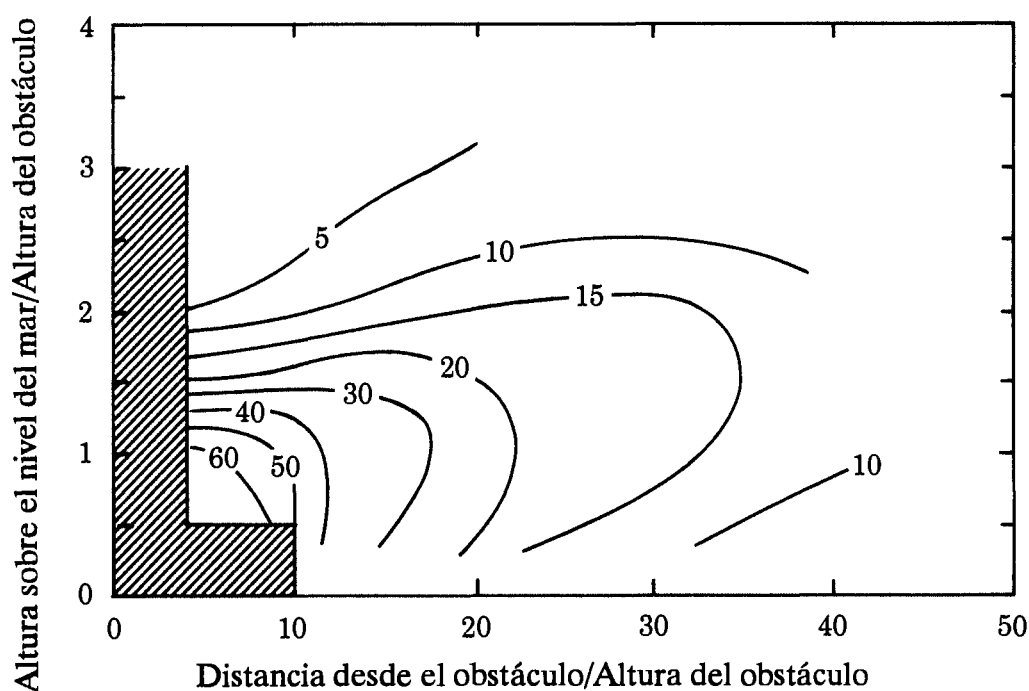
Figura 3.1. Parámetro de aspereza, superficies típicas y clase de rugosidad. Las clases de rugosidad se indican con líneas verticales. Los puntos centrales dan los valores de referencia y la longitud de las líneas indica el intervalo del parámetro de aspereza admitido para cada una de las clases.

## 3.2 Resguardo producido por obstáculos

El resguardo se define como la disminución relativa de la velocidad del viento causada por un obstáculo en el terreno. Que un obstáculo resguarde o no del viento depende de:

- la distancia del obstáculo al punto considerado ( $x$ )
- la altura del obstáculo ( $h$ )
- la altura del punto considerado ( $H$ )
- la largada del obstáculo ( $L$ )
- la porosidad del obstáculo ( $P$ )

La Figura 3.2 muestra como se reduce la velocidad del viento debido al resguardo que proporciona un obstáculo bidimensional infinitamente largo, de porosidad nula. El efecto resguardante disminuye al hacerlo la longitud y al aumentar la porosidad del obstáculo.



*Figura 3.2. Reducción de la velocidad del viento ( $R_1$ ) en tanto por ciento debido al efecto resguardante de un obstáculo bidimensional, según las teorías de Perera (1981). En la zona sombreada, el resguardo depende de los detalles de la geometría del obstáculo. Además, la velocidad del viento generalmente aumenta en las cercanías y por encima del obstáculo – es un efecto parecido al de las aceleraciones en las cimas de las colinas.*

Como regla general, puede considerarse que la porosidad de los edificios es nula y la de los árboles es de  $\approx 0.5$ . Una fila de edificios iguales separados entre ellos

por una distancia igual a la tercera parte de su largada tendrá una porosidad de aproximadamente 0.33. Para el caso de los setos, pueden aplicarse las características de la Tabla 3.1. La porosidad de los árboles varía con la caída de las hojas, es decir, la época del año y, como en el caso del parámetro de aspereza, la porosidad debe considerarse como un parámetro climatológico.

*Tabla 3.1. Porosidad de los setos.*

| Aspecto       | Porosidad $P$ |
|---------------|---------------|
| Sólido (muro) | 0             |
| Muy tupido    | $\leq 0.35$   |
| Tupido        | 0.35 - 0.50   |
| Abierto       | $\geq 0.50$   |

El efecto de la porosidad,  $P$  ( $0 \leq P \leq 1$ ) equivale aproximadamente a multiplicar por  $(1 - P)$ . Otra consideración importante que hay que tener en cuenta al corregir los datos de viento, es la dimensión lateral del obstáculo  $L$ . La mayoría de los datos empíricos, incluyendo los de Perera (1981), se refieren a cercas bidimensionales o a fajas resguardantes de dimensiones laterales infinitas. El efecto resguardante de los obstáculos de dimensión lateral finita disminuye debido a la mezcla lateral en la estela de la corriente; además, el efecto en el valor medio de la velocidad del viento para un determinado sector de azimut disminuye, debido a la dimensión angular finita del obstáculo visto desde el lugar en cuestión. Para un sector dado de  $30^\circ$ , la reducción en el valor medio de la velocidad del viento ( $R_2$ ) puede estimarse a partir de aplicar al resguardo calculado según la Fig. 3.2 las expresiones siguientes, deducidas únicamente con criterios geométricos:

$$R_2 = \begin{cases} \left(1 + 0.2 \frac{x}{L}\right)^{-1} & \text{para } \frac{L}{x} \geq 0.3 \\ 2 \frac{L}{x} & \text{para } \frac{L}{x} \leq 0.3 \end{cases} \quad (3.4)$$

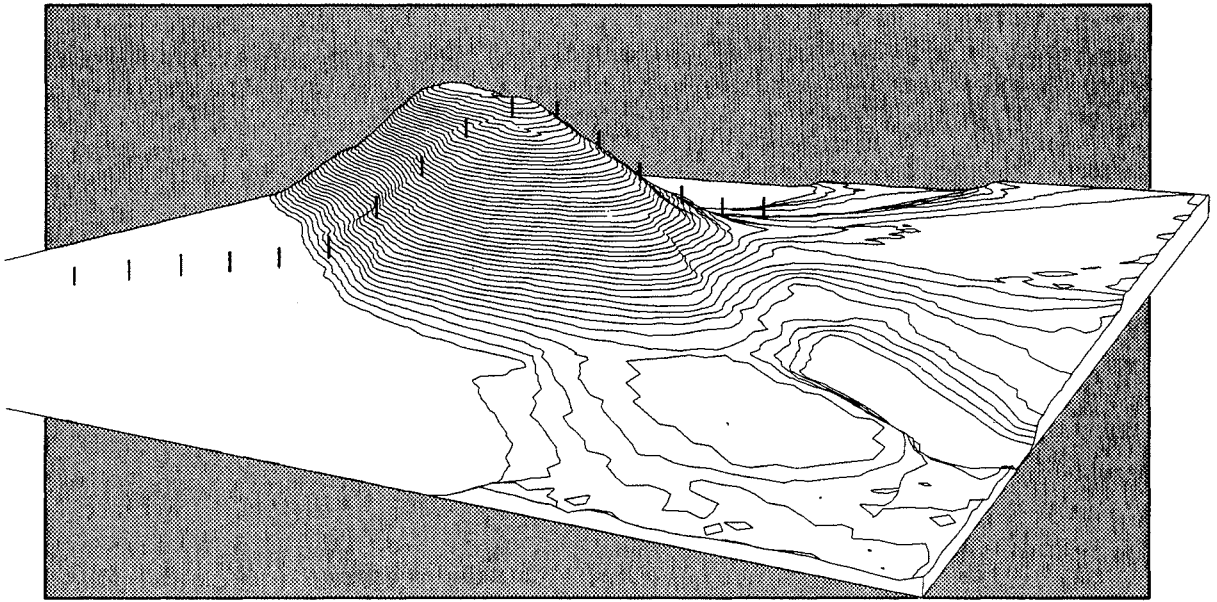
Así

$$u_{cor} = u \cdot (1 - R_2 \cdot R_1(1 - P)) \quad (3.5)$$

en donde  $u_{cor}$  y  $u$  son las medias de la velocidad del viento para el caso de condiciones de con y sin resguardo respectivamente, y  $R_1 = \Delta u/u$  es el valor fraccional de la reducción de la velocidad sacada de la Fig. 3.2.

### 3.3 El efecto de las variaciones de la altura en el terreno

La forma más clara de observar el efecto que las variaciones de la altura en el terreno ocasionan en el perfil vertical del viento, es a partir de los resultados del experimento a nivel internacional que se hizo en la colina de Askervein en la isla de South Uist en las Hebrides (Taylor y Teunissen, 1987; Salmon et al., 1987). La Figura 3.3 muestra un dibujo en perspectiva de la colina de Askervein. La línea a lo largo de la cual fueron tomadas las medidas de la velocidad y la dirección del viento, se ha señalado con torres meteorológicas.



*Figura 3.3. Dibujo en perspectiva de la colina de Askervein.*

Los datos experimentales se muestran en la Fig. 3.4 con el incremento relativo de la velocidad del viento  $\Delta S$  a 10 m sobre el nivel de la superficie en el eje de ordenadas y en el eje de abscisas, la distancia desde la cima. El incremento relativo de la velocidad del viento  $\Delta S$  se define como:

$$\Delta S = \frac{u_2 - u_1}{u_1} \quad (3.6)$$

en donde  $u_2$  y  $u_1$  son las velocidades del viento a la misma altura por encima del nivel del suelo en la cima de la colina y por encima del terreno a corriente arriba de la colina, respectivamente.



Los datos de la Fig. 3.4 se refieren a una dirección perpendicular a la dirección del desnivel. Se muestran también los resultados de tres modelos numéricos: el modelo BZ usado en el análisis del Atlas Eólico y dos otros modelos (Beljaars et al., 1987). Otras características importantes en la Fig. 3.4 son:

- el incremento de la velocidad del viento en la cima es de un 80 por ciento si se compara con los datos de velocidad media no distorsionada corriente arriba
- la disminución de velocidad en la parte frontal y a sotavento de la colina es de un 20 a un 40 por ciento comparado con los datos de velocidad media no distorsionada corriente arriba.

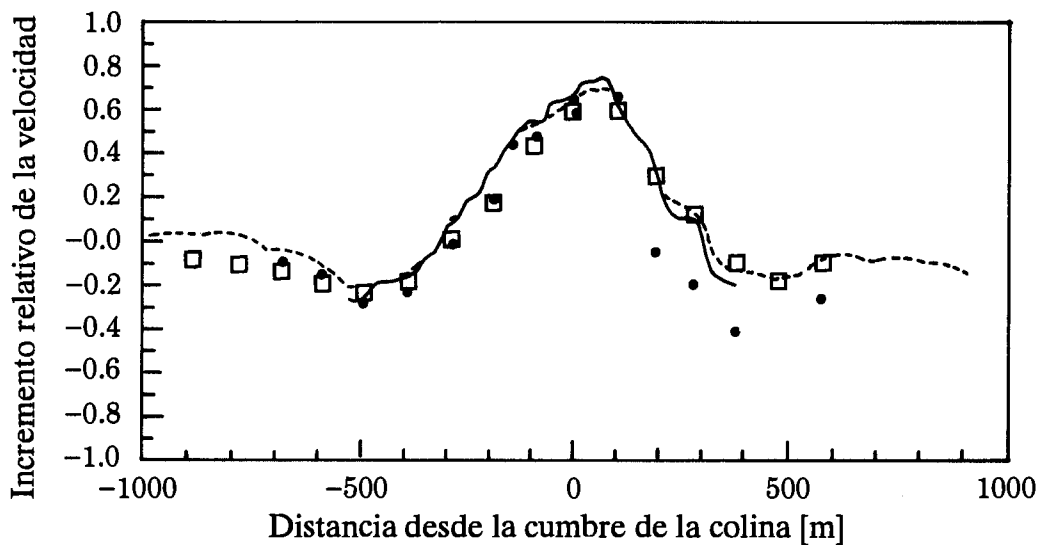


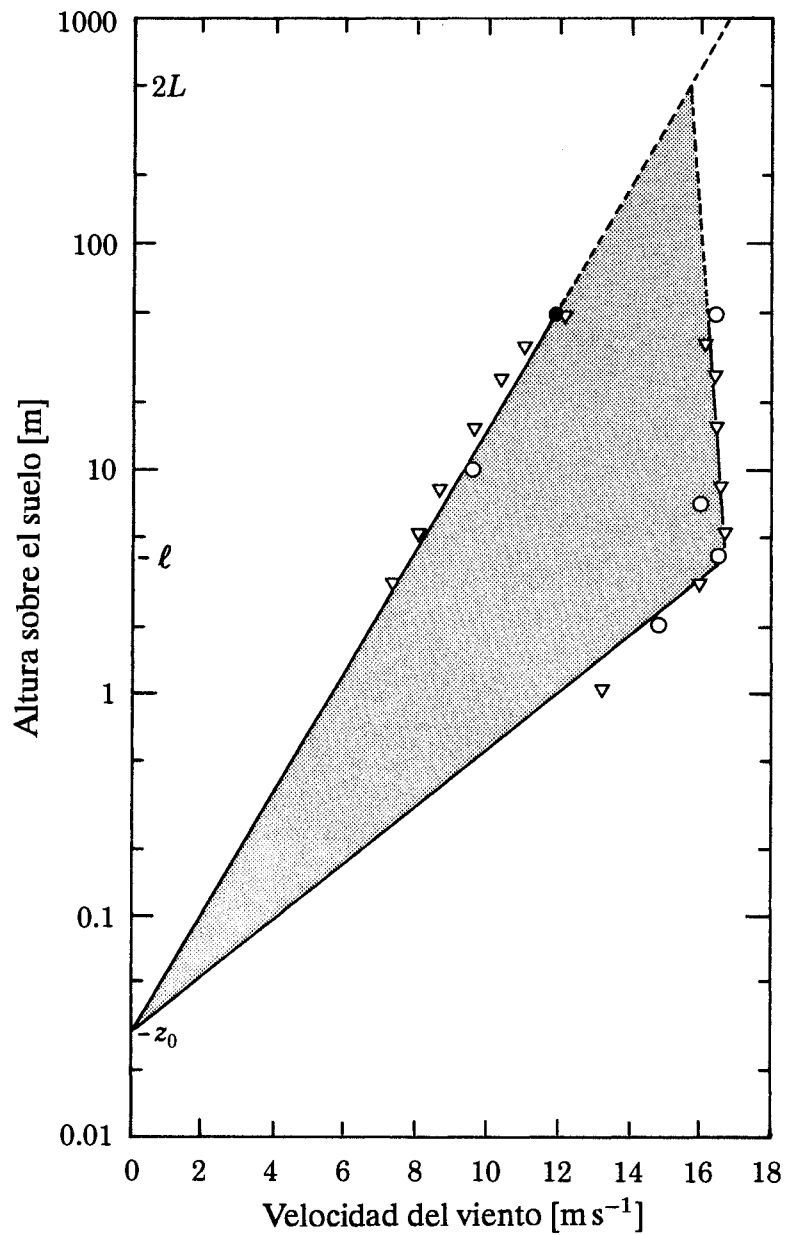
Figura 3.4. Incremento relativo de la velocidad para flujo en la colina de Askervein a 10 m por encima del nivel del suelo. Los puntos se refieren a las medidas y los cuadrados son los resultados del modelo orográfico. Las líneas continua y discontinua son resultados de dos otros modelos.

La Figura 3.5 muestra perfiles verticales de viento registrados simultáneamente corriente arriba y en la cima de la colina de Askervein. Se puede ver como el perfil corriente arriba es logarítmico con la altura, mientras que el perfil en la cima tiene un codo a la altura  $\ell$ , la altura del máximo incremento relativo de la velocidad. El perfil es constante con la altura por encima de este codo hasta el punto en que se cruza con el perfil no distorsionado a una altura  $2L$ , en donde  $L$  es una longitud característica de la colina, la mitad de su extensión como se ve en la Fig. 3.6. Expresiones aproximadas para  $\Delta S$  y  $\ell$  se pueden encontrar en Jensen et al. (1984):

$$\Delta S \simeq 2 \frac{h}{L} \quad (3.7)$$

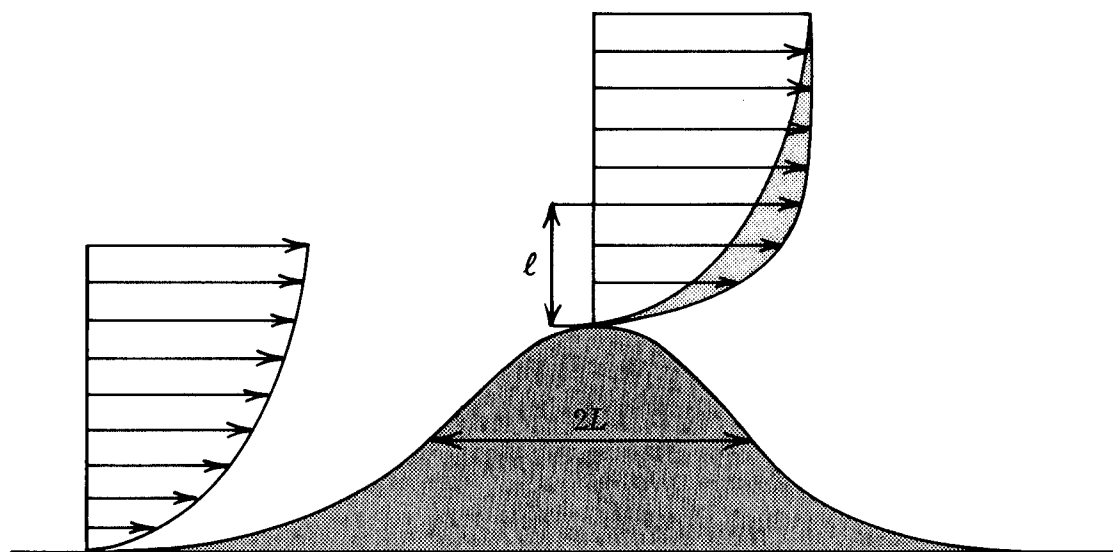
$$\ell \simeq 0.3 \cdot z_0 \left( \frac{L}{z_0} \right)^{0.67} \quad (3.8)$$

Estas fórmulas funcionan bien cuando la dimensión de la colina perpendicular a la dirección del viento es mayor que  $L$ , y por lo tanto el problema se puede considerar bidimensional.



*Figura 3.5. Perfiles verticales del viento registrados simultáneamente corriente arriba y en la cima de la colina de Askervein (Jensen et al., 1984). Los símbolos indican medidas de la velocidad del viento. El perfil corriente arriba es la línea recta de la izquierda; el perfil en la cima de la colina es la línea de la derecha. Las dos longitudes  $L$  y  $\ell$  se definen en la Fig. 3.6.*

Como se evidenci a en este ejemplo, las colinas ejercen una gran influencia en el flujo eólico, y eso hay que tenerlo en cuenta. Pero hay que tener en cuenta que cualquier cambio de altura en el terreno afecta al viento: un aumento de altura de un 5% puede producir un impacto de un 5% en el valor medio de la velocidad del viento – posiblemente a la altura del buje – resultando en un aumento de un 15% en la energía disponible. Muchas veces es difícil – y si se trata de terreno complicado es imposible – el aplicar fórmulas sencillas del tipo de las Ecs. 3.7 y 3.8 para determinar el potencial eólico en lugares concretos. Es por eso que hay que aplicar en la mayoría de los casos, un modelo numérico para hacer todos estos cálculos.



*Figura 3.6. Flujo eólico a lo largo de una colina ideal con los perfiles verticales corriente arriba y en la cima. Se sealan las dos longitudes características:  $L$  es la longitud que caracteriza la colina definida como – según la nomenclatura tradicional – la mitad de la anchura cuando la altura es igual a la mitad de su valor máximo;  $l$  es la altura para el incremento máximo de la velocidad del viento.*

Un ejemplo puede ser el de la estación portuguesa de Bragança, cuya perspectiva orográfica se muestra en la Fig. 3.7. Los cambios en el perfil vertical del viento para cada uno de los sectores de dirección se dan en la Tabla 3.2 y fueron calculados con el modelo orográfico del Atlas, descrito en el Capítulo 8.

En algunos casos, el significado exacto del término “altura encima del nivel del suelo” no es evidente. Como ejemplo, consideremos un aerogenerador en una pequeña colina: si la altura de la colina es muy pequeña comparada con la del buje y sube muy empinada, la colina puede ser considerada como un cimiento para el aerogenerador que se añade a la altura del buje. Pero si las dimensiones vertical y horizontal de la colina son superiores, la situación cambia y la altura a considerar es a partir de la cima de la colina.

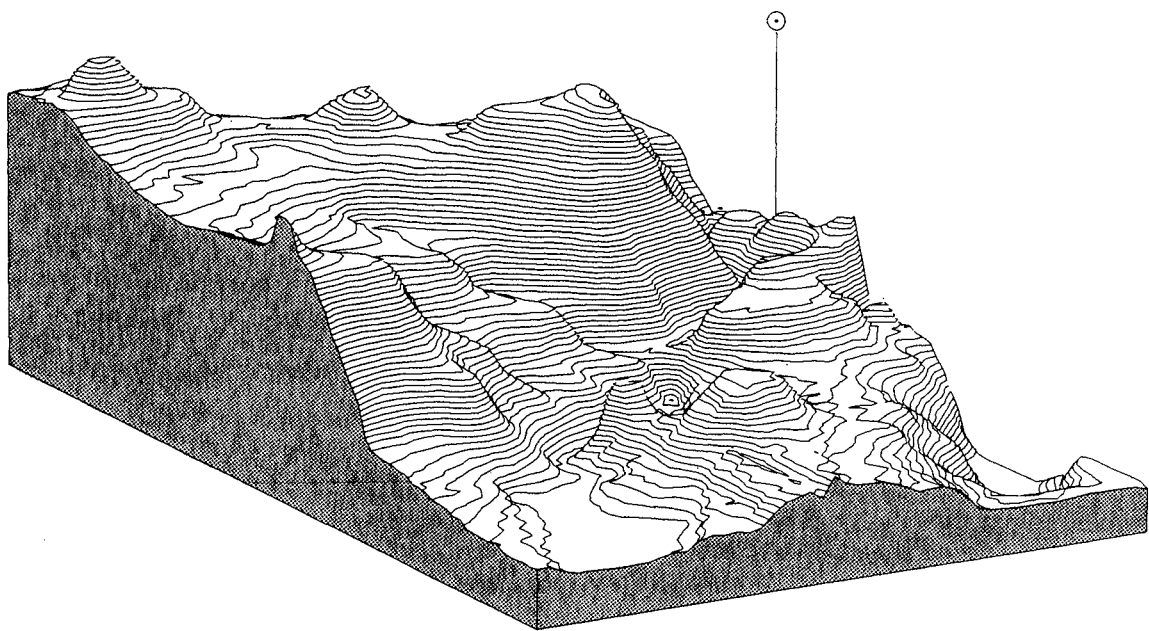
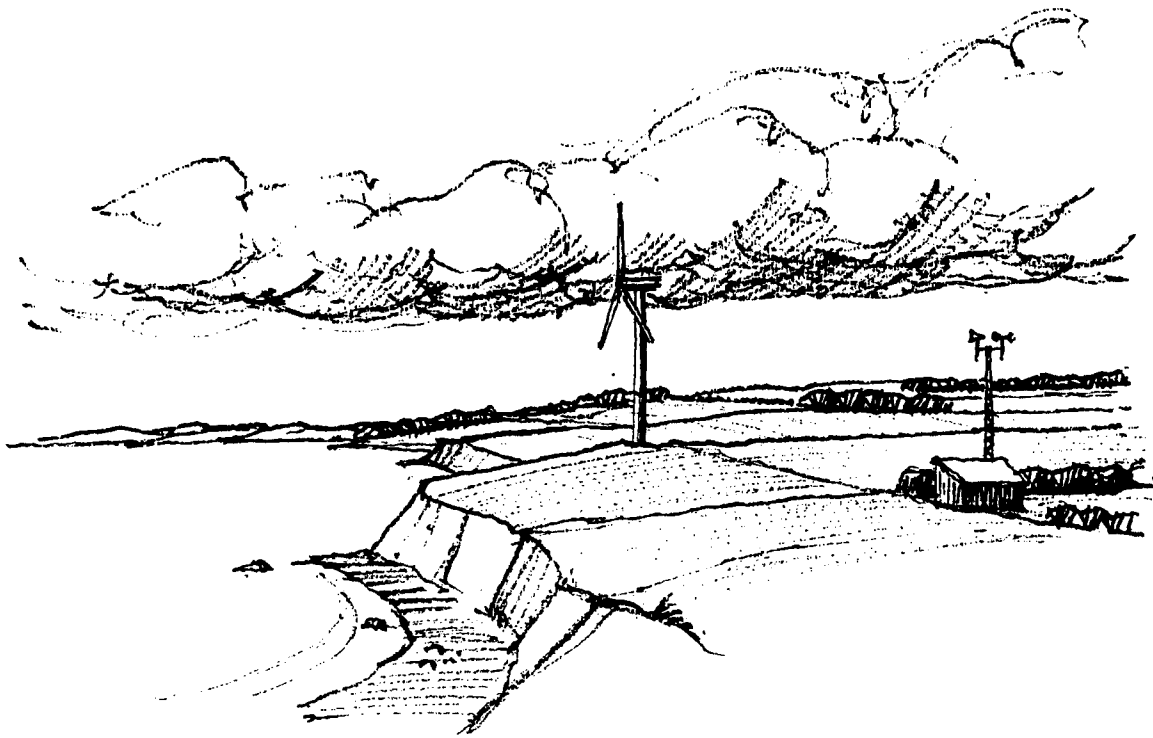


Figura 3.7. Perspectiva de la orografía del entorno de la estación portuguesa de Bragança.

| Sector |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| z      | 0   | 30  | 60  | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 |
| 10     | 120 | 75  | 21  | 27 | 84  | 124 | 120 | 75  | 21  | 29  | 90  | 124 |
|        | -8  | -19 | -11 | 14 | 18  | 6   | -8  | -19 | -11 | 15  | 19  | 6   |
| 25     | 68  | 35  | 8   | 14 | 47  | 71  | 68  | 39  | 8   | 14  | 49  | 71  |
|        | -7  | -14 | -6  | 10 | 13  | 4   | -7  | -14 | -6  | 10  | 13  | 4   |
| 50     | 42  | 22  | 3   | 7  | 29  | 45  | 42  | 22  | 3   | 7   | 29  | 45  |
|        | -5  | -10 | -4  | 7  | 9   | 3   | -5  | -10 | -4  | 7   | 10  | 3   |
| 100    | 22  | 9   | 0   | 2  | 15  | 20  | 22  | 9   | 0   | 2   | 15  | 25  |
|        | -4  | -6  | -2  | 5  | 6   | 1   | -4  | -6  | -2  | 5   | 6   | 1   |
| 200    | 8   | 1   | -2  | 0  | 7   | 10  | 8   | 1   | -2  | 0   | 7   | 10  |
|        | -2  | -3  | 0   | 3  | 3   | 0   | -2  | -3  | 0   | 3   | 3   | 0   |

Tabla 3.2. Resultados del modelo para la estación de Bragança, correspondientes al modelo orográfico. Para cada uno de los sectores de dirección y para las cinco alturas de referencia, la tabla da los valores del incremento y la disminución de la velocidad en tanto por ciento (primera línea) así como el cambio de la dirección del viento en grados (segunda línea).



*Figura 3.8. Aerogenerador en un desfiladero.*

Otro ejemplo sería el de la Fig. 3.8 en donde se ha instalado un aerogenerador cerca de un desfiladero. Para vientos procedentes del mar, parece que pueda usarse la altura correspondiente a la distancia desde el mar hasta el buje. Pero esto no es cierto, porque el viento ha sido influenciado por el escarpado mucho antes de sobrevolar la tierra, y por lo tanto, la altura que nos importa es la que está por encima del suelo.

## Capítulo 4

# Recursos regionales de energía eólica

Valorar los recursos de energía eólica en una región significa estimar la potencia media extraíble del viento por una gran cantidad de aerogeneradores distribuidos a lo largo de ella. Estudios de este tipo pueden realizarse a niveles muy distintos de sofisticación. Teóricamente, debería basarse en el emplazamiento detallado de un gran número de aerogeneradores específicos.

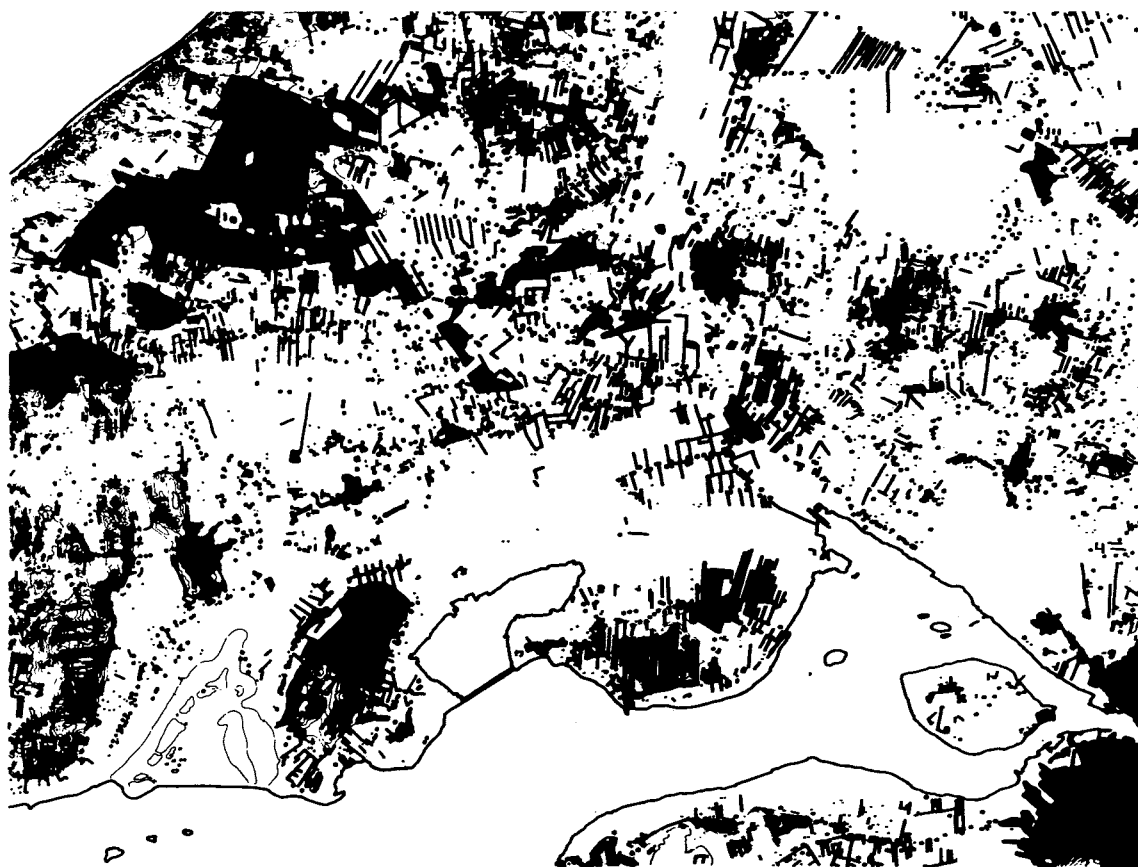
Un ejemplo de un estudio de valoración energética muy detallado se muestra en la Fig. 4.1. El objetivo del estudio era el de calcular cuantos aerogeneradores de 50-m podían instalarse en Dinamarca. La clasificación se señaló en 100 mapas a escala 1:50 000 cubriendo todo el país. Además del objetivo global, estaba el de identificar emplazamientos concretos para aerogeneradores así como para parques eólicos.

Evidentemente, el detallar en los mapas las distintas clases de rugosidad tal y como se muestra en la Fig. 4.1, representa una cantidad enorme de trabajo cuando se trata de grandes regiones. Por lo tanto, no se pueden tener en cuenta todos los detalles, cuando de recursos eólicos a nivel regional se trata.

### 4.1 Uso de los mapas de recursos de energía eólica

Los mapas de recursos de energía eólica en el Capítulo 2 muestran la variación de los recursos eólicos a través de grandes áreas. En las áreas no demasiado complicadas, los mapas pueden ser usados, junto con la tabla de la Fig. 2.3, para una valoración regional de los recursos eólicos y un cálculo de la producción de la energía media a partir de aerogeneradores.

Los mapas, juntamente con las rúbricas, dan la velocidad media del viento y la densidad de potencia media a una altura de 50 metros, para cinco condiciones topográficas distintas. A partir de las Figs. 4.2 y 4.3, es posible estimar la velocidad media del viento y la densidad de potencia media a alturas entre 10 y 200 metros por encima de un terreno homogéneo, para cada una de las cuatro clases diferen-



*Figura 4.1. Ejemplo de mapa clasificado según valores de rugosidad en donde se han marcado los cinturones resguardantes, los grupos de árboles, granjas, pueblos, y plantaciones. El mapa cubre una área de aproximadamente  $22 \times 28$  km (Planstyrelsen, 1981).*

tes de rugosidad. En las gráficas se dan los factores de conversión  $f_u$  y  $f_E$  para los valores medios de la velocidad del viento y de la potencia media respectivamente. Estos factores deben ser multiplicados por las lecturas en la Fig. 2.3 de la columna correspondiente a la clase 1 de rugosidad (Campo abierto). He aquí dos ejemplos ilustrativos del proceso a seguir:

**Ejemplo 4.1** La Figura 2.3 da un valor medio para la densidad de potencia  $E(50)$  de aproximadamente  $300 \text{ Wm}^{-2}$  a lo largo de un ancho llano en el norte de Alemania. Si lo que se quiere es estimar la densidad de potencia a una altura de 40 m, en la Fig. 4.2 se da un factor de conversión de 0.9, así que la densidad de potencia a 40 m se convierte en  $\approx 270 \text{ Wm}^{-2}$ .

**Ejemplo 4.2** El mapa de recursos eólicos en Irlanda señala una densidad de potencia media de aproximadamente  $500 \text{ Wm}^{-2}$  a lo largo de un terreno de clase 1 de rugosidad. La potencia aprovechable para un aerogenerador de 50-m con un rotor de 50m de diámetro, es  $500 \text{ Wm}^{-2} \times$  el área barrida por el rotor  $\approx 980 \text{ kW}$ , que corresponde a 8.6 GWh/año aproximadamente.

De todas formas, un aerogenerador no puede aprovechar toda la energía del viento. Consideraciones aerodinámicas nos llevan a un valor teórico máximo de eficiencia de un 59 por ciento, valor al que se le suele llamar *límite de Betz* (Betz, 1920). En la

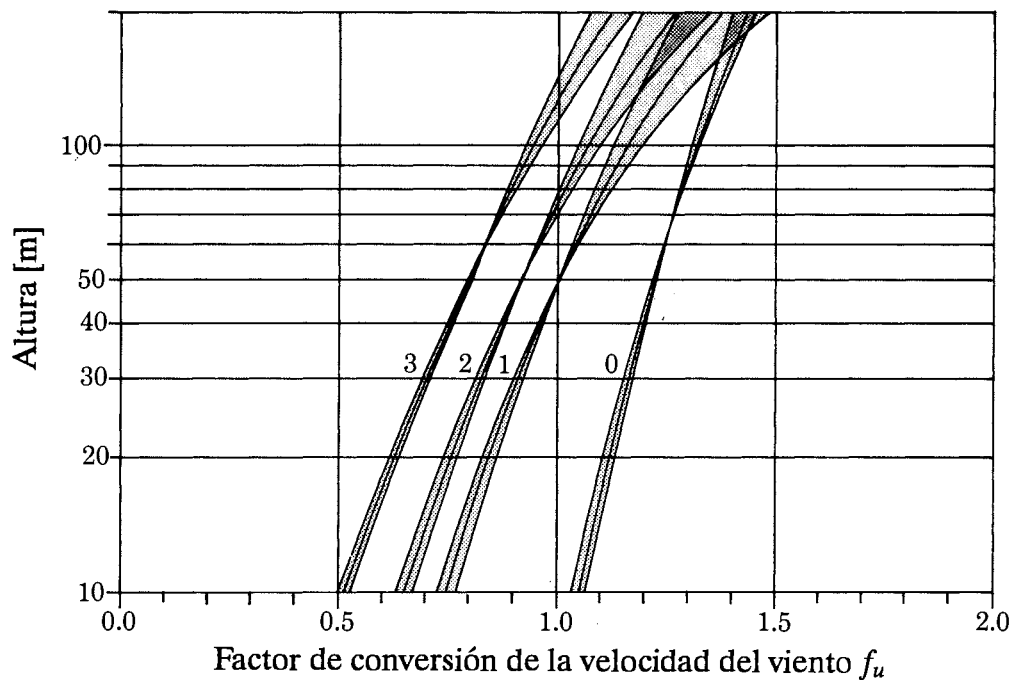


Figura 4.2. Factores de conversión de la velocidad media,  $f_u$ . Usar juntamente con los mapas de recursos de energía eólica en el Capítulo 2 para estimar la velocidad media del viento en alturas entre 10 y 200 metros por encima de terreno homogéneo para una de las cuatro clases distintas de rugosidad. El valor de referencia (50 metros, clase 1 de rugosidad) se indica con un círculo. Las sombras indican incertidumbre debido a las diferencias climáticas a lo largo de Europa.

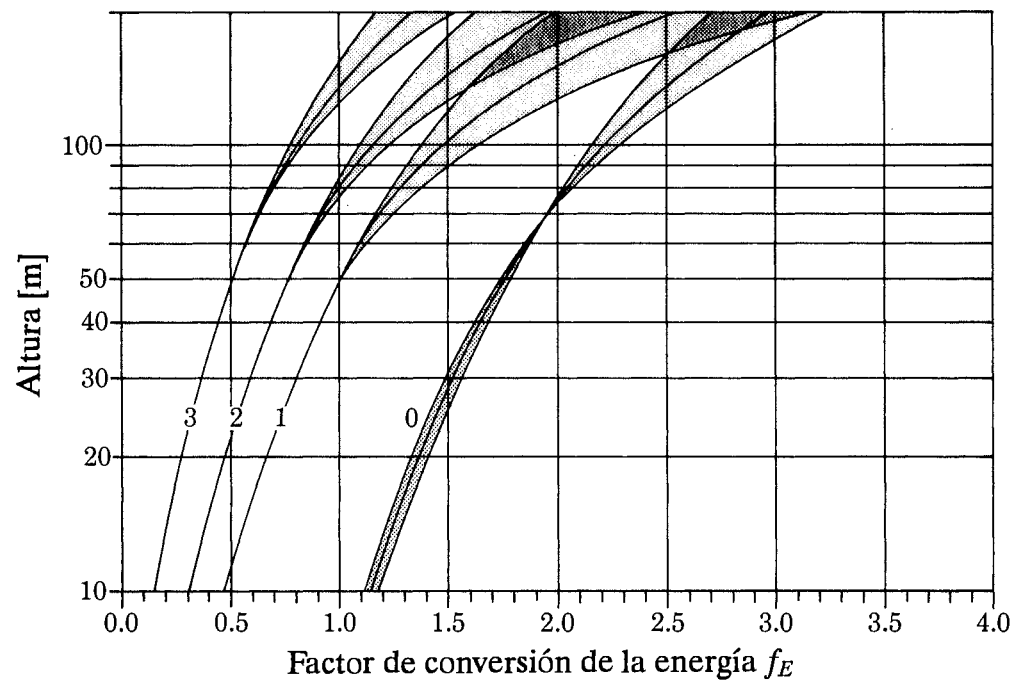


Figura 4.3. Factores de conversión de la energía media  $f_E$ . Usar juntamente con los mapas de recursos de energía eólica en el Capítulo 2 para estimar la densidad de potencia media en alturas entre 10 y 200 metros por encima de terreno homogéneo para una de las cuatro clases distintas de rugosidad. El valor de referencia (50 metros, clase 1 de rugosidad) se indica con un círculo. Las sombras indican incertidumbre debido a las diferencias climáticas a lo largo de Europa.



práctica, este valor se reduce a sólo un 20–30 por ciento de la energía disponible; un valor razonable en el momento de hacer estimaciones es de un 25 por ciento. Así, la producción media de energía estimada para este caso es de 2.2 GWh/ año.

Cuando los mapas se utilizan para evaluaciones en zonas costeras o montañosas, hay que tomar precauciones especiales, como las que se indican a continuación.

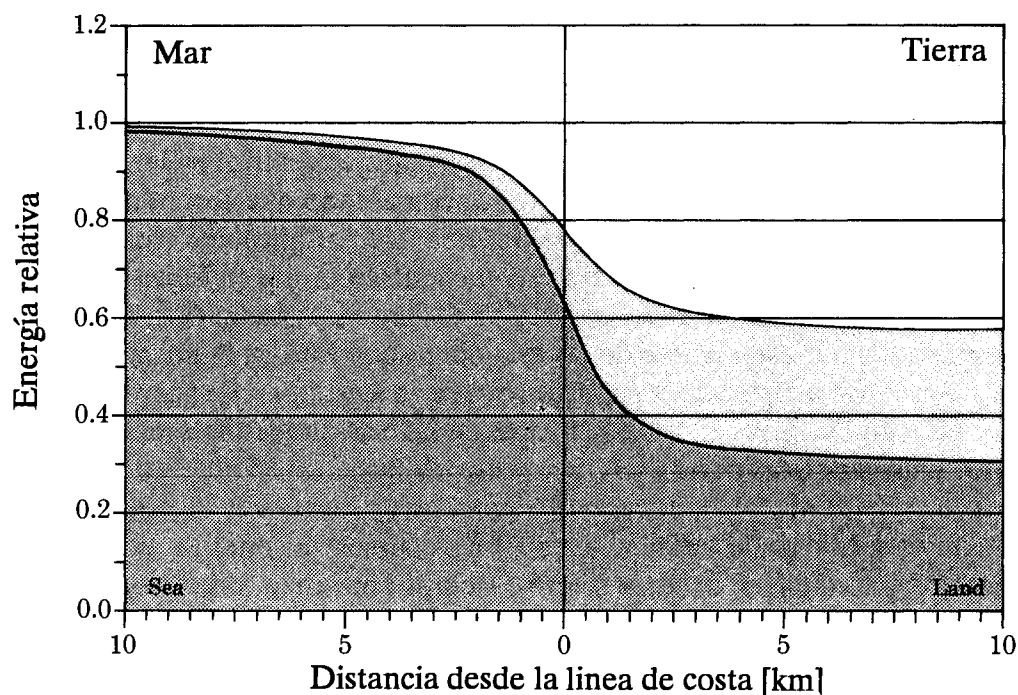
## Zonas costeras

Cuando el viento sopla de mar a tierra, o viceversa, son fundamentalmente dos los factores que afectan a los recursos de energía eólica, sean: el cambio de la rugosidad superficial y el de las propiedades térmicas de la superficie. Lejos de la costa, la climatología eólica es, o bien marítima o bien continental, pero en ella es una mezcla de las dos. La anchura de la zona costera varía con el clima y la topografía. El Atlas Eólico toma como valor medio una anchura de 10 km para cada lado de la línea de costa.

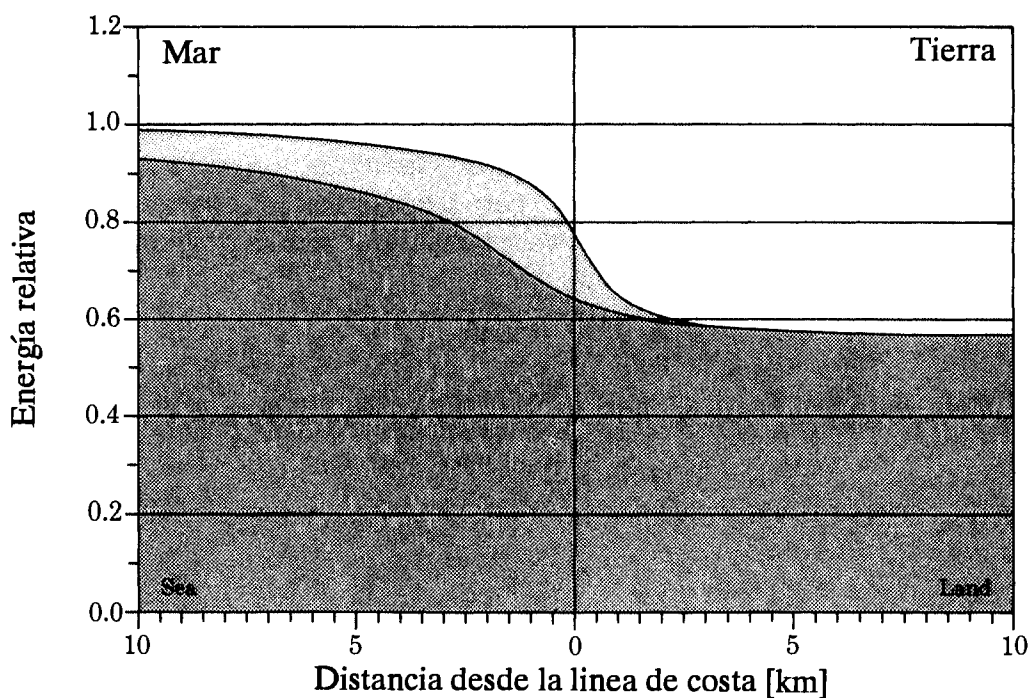
Las Figuras 4.4 y 4.5 muestran la variación de densidad de energía media a una altura de 50 metros, calculada para dos zonas costeras distintas. La variación se da en función de la distancia desde la costa. Se han tomado para el ejemplo, una costa en el Mar del Norte en los Países Bajos y una costa en el Mar Mediterráneo en Francia. Generalmente, la forma de las curvas depende tanto de la posición y orientación geográficas como de la clase de rugosidad del terreno costero. Las condiciones específicas de una costa en concreto pueden estimarse a partir de los cálculos del emplazamiento de un aerogenerador, tal y como se verá en el siguiente capítulo.

En el primer ejemplo, el de la costa del Mar del Norte en los Países Bajos, se ve como la adaptación del viento a condiciones de mar abierto necesita unos  $\approx 10$  km, mientras que, para el caso contrario, la adaptación a condiciones de tierra se da de una forma más brusca, con sólo unos  $\approx 4$  km. El segundo ejemplo se centra en dos líneas de costa del Mediterráneo en Francia, en una zona fuertemente influenciada por el Mistral. Las dos líneas de costa son, respectivamente, perpendicular y paralela a la dirección del Mistral.

Un fenómeno común para muchas zonas de la costa es el de las brisas tierra/mar. La *brisa marina* es un viento local que sopla de mar a tierra, causado por la diferencia de temperatura cuando el mar es más frío que la tierra de alrededor. Por lo tanto, es un viento que suele soplar en los días soleados y calmas de verano. La *brisa terrestre* es el caso contrario, generalmente más suave y por las noches. Debido a las velocidades bajas del viento que las brisas marinas/terrestre llevan asociadas, este fenómeno es de poca importancia en cuanto a la energía eólica en las zonas costeras.



*Figura 4.4. Densidad de energía media para una altura de 50 m, calculada en función de la distancia a la costa del Mar del Norte en los Países Bajos para dos terrenos de distinta rugosidad. La costa se orienta SW-NE y el terreno es de rugosidad de clase 1 (línea superior) y de rugosidad de clase 3 (línea inferior), respectivamente.*



*Figura 4.5. Densidad de energía media para una altura de 50 m, calculada para dos líneas de costa en función de las distancias al Mar Mediterráneo, en Francia. Las dos líneas de costa están situadas en la región influenciada por el Mistral; una en la dirección perpendicular (línea inferior) y la otra paralela (línea superior) a la dirección del Mistral. El terreno es de rugosidad de clase 1.*

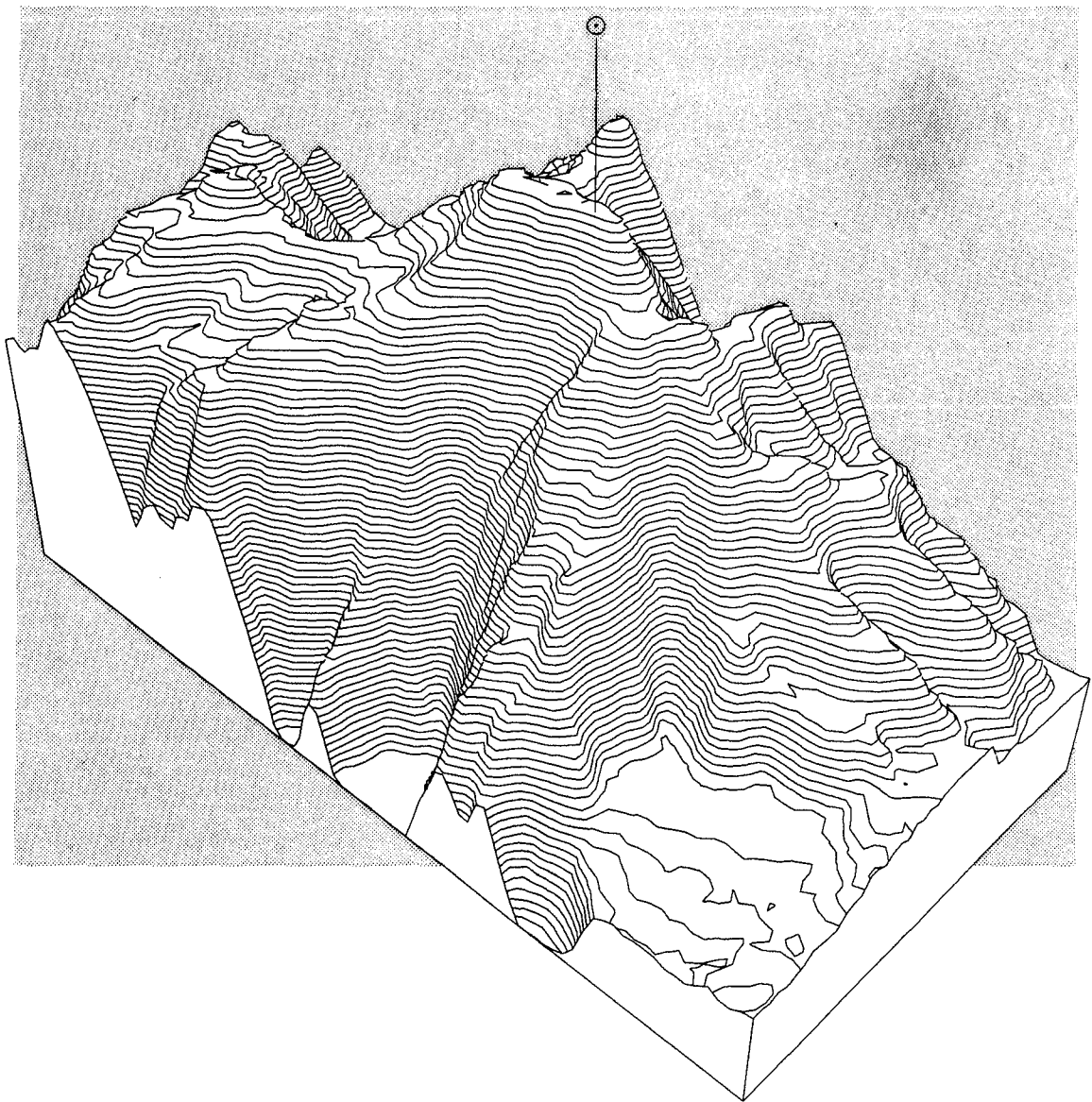
## Zonas montañosas

La relación entre los distintos niveles del relieve mostrados en los mapas de recursos de energía eólica y los cinco diferentes tipos de paisaje descritos en las Figs. 1.6–1.10, fue ya especificada en el Capítulo 2. Fue ya comentado que los mapas pueden ser aplicables directamente a los paisajes del tipo 1 y 2, aplicables con cuidado para los anchos llanos o anchos valles que se encuentran en los paisajes 3 y 4, pero no aplicables en absoluto a los paisajes del tipo 5. Para este último tipo, hay que buscar una estación en las estadísticas de las estaciones que esté en la misma región y que pueda considerarse típica de la situación que se va a estudiar. Se aconseja también el buscar estaciones típicas en las estadísticas de las estaciones antes de usar los mapas para los paisajes de los tipos 3 y 4.

Como regla general, la estimación de los recursos de energía eólica en zonas con colinas y montañas, debería hacerse siempre por medio del modelo numérico orográfico. Ejemplos del cálculo de los recursos eólicos para terreno con colinas se dan en el siguiente capítulo, en la Sección 5.4.

La Figura 4.6 representa una perspectiva de la ubicación de la estación francesa de Mont Aigoual en el Massif Central. Las estadísticas que se derivan de esta estación y de otras similares son difíciles de aplicar en cuanto a la valoración regional de recursos eólicos se refiere, a no ser que se utilicen como indicadores de los recursos en lugares concretos de entornos similares.

La orografía favorece el fenómeno de los vientos locales, como los föhns, los vientos entre valle y montaña, vientos en desfiladeros, y vientos catabáticos. Según su magnitud y frecuencia, pueden o no representar un aporte importante para los recursos energéticos. De todas formas, antes de intentar utilizar este tipo de recursos, se aconseja el tomar medidas de viento para evaluar el valor esperado de los recursos eólicos, ya que generalmente, las voces populares suelen exagerar la frecuencia de ocurrencia de vientos fuertes.



*Figura 4.6. Perspectiva de la estación Mont Aigoual en Francia.*



# Capítulo 5

## Estudio del emplazamiento de un aerogenerador

En el contexto de este Atlas, el estudio del emplazamiento de un aerogenerador se define como *la estimación de la energía media producida por un determinado aerogenerador en uno o más lugares específicos*.

Un estudio completo de emplazamiento, comprende los siguientes procesos:

- selección de la climatología eólica regional adecuada
- determinar la influencia de la rugosidad de los alrededores
- determinar el resguardo por los obstáculos vecinos.
- determinar el efecto de la orografía local.
- calcular la distribución de Weibull resultante.
- calcular la energía media a partir de la distribución de Weibull y de la curva de potencia del aerogenerador.

### 5.1 Selección de la climatología eólica para un emplazamiento

La selección de la climatología eólica regional apropiada a un determinado lugar consiste en seleccionar la estadística de una de las estaciones analizadas.

Es preferible buscar una estación cuyo entorno topográfico sea similar al lugar que nos ocupa. Esta consideración es particularmente importante en zonas montañosas y en la costa. La estación escogida debería estar a no más de 100 km del lugar que se va a tratar.

Las predicciones energéticas para lugares en el terreno del tipo 5 no pueden ser muy precisas, y se recomienda que este lugar y la estación escogida estén en terrenos muy parecidos entre sí. Y como ya se ha indicado previamente, el emplazamiento en terreno de colinas o montañoso, sólo puede hacerse por medio de cálculo numérico en ordenador con el modelo orográfico.

La calidad de las estadísticas de una estación puede juzgarse a partir de la información dada en las estadísticas de las estaciones:

- la descripción de las condiciones locales dada para cada estación.
- el resumen de los datos básicos.
- las huellas climáticas del viento.

Las descripciones deben indicar los problemas con la calidad de los datos si los hubo, por ejemplo, que las medidas fueron tomadas en la cubierta de un edificio con obstáculos resguardantes en su entorno.

El resumen de los datos básicos puede reflejar algunas anomalías: una canalización de la corriente se ve por las altas frecuencias de aparición en una dirección determinada y, muy a menudo, en dos direcciones opuestas. Como ejemplo, la estación en UK de Fort Augustus, en la que las estadísticas muestran claramente el efecto del Great Glen Valley en la corriente. Otra anomalía clara es la que se encuentra en una estación muy resguardada, lo que da frecuencias muy altas para las velocidades inferiores a  $1 \text{ m s}^{-1}$ .

Las huellas climáticas del viento pueden ser usadas para juzgar si ciertas características – como las variaciones diarias y anuales – son coherentes con la climatología del lugar. La gráfica para las medias mensuales a lo largo de los períodos de medida debe indicar, si la hay, una determinada tendencia en las series de datos.

Si es posible, hay que evitar el tratar con estaciones muy resguardadas en el momento de seleccionar un determinado emplazamiento para un aerogenerador. En lugares en donde es muy claro el efecto canalizador de la orografía en el viento, una posibilidad es la de usar una estación radiosonda. Un ejemplo de eso se puede ver en el Capítulo 9 (Tabla 9.1), en donde las estadísticas del radiosonda en la estación de Stornoway se usan para predecir la climatología eólica en la estación de Fort Augustus.

En el Capítulo 9 se comparan estaciones que se considera deberían ser representativas de la misma climatología eólica. Los resultados pueden usarse para juzgar la aplicabilidad o no de la estación para el estudio del emplazamiento de aerogeneradores en una determinada región.

## 5.2 Clasificación de la rugosidad y cálculo de las estadísticas para un emplazamiento

La clasificación de la rugosidad del terreno en un determinado lugar consiste en asignar los parámetros de aspereza o las clases de rugosidad correspondientes a los distintos tipos de superficie circundantes. Primero se divide el horizonte en doce sectores de 30 grados cada uno, y se hace entonces la clasificación sector por sector. Si se hace la clasificación en términos de las clases de rugosidad, las distribuciones de Weibull correspondientes se encuentran en las estadísticas regionales seleccionadas. Si el terreno tiene la misma clasificación para cada uno de los sectores, las estadísticas se obtienen directamente de la columna *Total*. Pero lo más corriente es que las rugosidades de la superficie varíen de un sector a otro, y entonces hay que buscar una estadística para cada sector con su clase de rugosidad correspondiente. Después, hay que agrupar las estadísticas de cada sector para hacer la estadística combinada total, es decir, una función de distribución de Weibull para el lugar determinado. En la siguiente sección se dan los métodos para determinar tanto el cambio de la clase de rugosidad de un sector a otro como el cambio en un mismo sector.

Si se ha seleccionado un parámetro de aspereza, y éste no corresponde a ninguna clase de rugosidad (clase 1:  $z_0 = 0.03$  m, clase 2:  $z_0 = 0.10$  m, clase 3:  $z_0 = 0.40$  m), entonces, los parámetros de Weibull se obtienen de la interpolación o extrapolación de los valores de las tablas. Esto funciona para la asignación de rugosidad en *tierra*. La clase 0 de rugosidad ( $z_0 = 0.0002$  m) se refiere a condiciones en *superficies de agua*: si a una superficie en tierra se le asigna un valor del parámetro de aspereza menor que el correspondiente a la clase 1 de valor 0.03 m, los parámetros de la distribución de Weibull se encuentran por extrapolación usando los valores de las clases 1 y 2. Para rugosidades mayores que 0.4 m, los parámetros de Weibull se buscan por extrapolación usando valores de las clases 2 y 3. Para el parámetro de aspereza  $z'_0$  escogido, se calcula un factor de ponderación  $W$  según:

$$W = \frac{\ln(z_{0b}/z'_0)}{\ln(z_{0b}/z_{0a})} \quad (5.1)$$

en donde  $z_{0a} = 0.03$  y  $z_{0b} = 0.10$  m si  $z'_0 < 0.10$  m, y  $z_{0a} = 0.10$  m y  $z_{0b} = 0.40$  m si  $z'_0 > 0.10$  m. Los parámetros de Weibull son entonces:

$$\begin{aligned} A' &= WA_a + (1 - W)A_b \\ k' &= Wk_a + (1 - W)k_b \\ f' &= Wf_a + (1 - W)f_b \end{aligned} \quad (5.2)$$

en donde los subíndices  $a$  y  $b$  se refieren a los valores de las tablas para las rugosidades  $z_{0a}$  y  $z_{0b}$ , respectivamente. Igualmente, la interpolación y extrapolación para alturas distintas de las consideradas en las tablas, se puede hacer usando las Ec. 5.2 con  $W = \ln(z_b/z)/\ln(z_b/z_a)$ , en donde los subíndices  $a$  y  $b$  se refieren a dos alturas de las tablas  $z_a$  y  $z_b$ , siendo  $z_b$  la mayor de las dos.



## Cálculo de la densidad media de energía

La energía media del viento en zonas con una rugosidad determinada se puede sacar directamente a partir de los mapas de recursos eólicos en el Capítulo 2. Se vió en el Capítulo 4 como se podían usar estos mapas para la valoración de los recursos eólicos regionales. De todas formas, para valoraciones locales, como por ejemplo una comparación entre dos emplazamientos distintos en una región, es necesario hacer los cálculos usando las estadísticas de la estación apropiada.

La densidad de energía media en el viento  $E$ , que es el flujo de la energía cinética media por unidad de sección perpendicular a la corriente, se calcula por (ver Capítulo 8):

$$E = \frac{1}{2} \rho u^3 \quad (5.3)$$

en donde  $\rho$  es la densidad media<sup>1</sup> del aire, y  $u^3$  es el valor medio del cubo de la velocidad del viento. En términos de los parámetros de Weibull  $A$  y  $k$ , la energía media se puede expresar como:

$$E = A^3 F_E(k) \quad (5.4)$$

La función  $F_E(k)$  está tabulada en el Apéndice B, Tabla B.2, con lo que  $E$  se puede calcular para cada uno de los sectores de dirección. La energía media total se puede pues calcular como la media ponderada:

$$E = f_1 E_1 + f_2 E_2 + \dots + f_{12} E_{12} \quad (5.5)$$

en donde  $f_1, f_2, \dots, f_{12}$  son las frecuencias de aparición para cada uno de los sectores, y  $E_1, E_2, \dots, E_{12}$  son las energías medias en cada uno de los doce sectores calculados según la Ec. 5.4.

En las situaciones en las que las clases de rugosidad no son las mismas en todos los sectores, la suma de las frecuencias tal y como se obtienen de las estadísticas de las estaciones, no es exactamente del 100%. Eso se debe a que el ángulo entre el viento geostrófico y la superficie del viento depende de la rugosidad superficial, tal y como se describe en el Capítulo 8. La desviación es muy pequeña y puede a menudo ser despreciada. En los siguientes ejemplos se tiene esto en cuenta con la normalización:

$$E = \frac{\sum f_i E_i}{\sum f_i} \quad (5.6)$$

---

<sup>1</sup>Sería más exacto dar a  $\rho$  el valor de  $\overline{\rho u^3} / \overline{u^3}$ , en donde la barra significa un promedio temporal. Los valores típicos de  $\rho$  para unos valores dados de temperatura y altitud se dan en el Apéndice B, Tabla B.1.

**Ejemplo 5.1** Calcular la densidad de energía media a 50 metros de altura, en un lugar de la costa noroeste de Los Países Bajos. La información necesaria puede sacarse de las estadísticas de la estación de *Eelde* y se resume en la Tabla 5.1.

*Tabla 5.1. Método para el cálculo de la densidad de energía media.*

| Sector | cl.R. | $A$  | $k$  | $f$  | $E$ |
|--------|-------|------|------|------|-----|
| 1      | 0     | 8.7  | 2.58 | 5.6  | 436 |
| 2      | 0     | 8.0  | 2.47 | 6.5  | 348 |
| 3      | 0     | 9.3  | 2.25 | 7.7  | 587 |
| 4      | 1     | 7.3  | 2.40 | 9.0  | 270 |
| 5      | 1     | 6.6  | 2.38 | 6.8  | 201 |
| 6      | 1     | 6.7  | 2.22 | 5.6  | 222 |
| 7      | 1     | 8.1  | 2.14 | 8.7  | 405 |
| 8      | 1     | 8.9  | 2.27 | 12.3 | 511 |
| 9      | 1     | 8.7  | 2.31 | 14.4 | 470 |
| 10     | 0     | 10.4 | 2.22 | 11.2 | 830 |
| 11     | 0     | 9.6  | 2.14 | 7.7  | 674 |
| 12     | 0     | 9.5  | 2.49 | 6.1  | 580 |

$$E = \frac{\sum f_i E_i}{\sum f_i} = \frac{489}{1.02} = 479 \text{ Wm}^{-2}$$

En el ejemplo 5.2 de la sección siguiente se comparará esta estimación con la correspondiente a la obtenida a partir de cuatro estaciones holandesas de los alrededores.

### Cálculo de los parámetros de Weibull

Los parámetros de Weibull para el caso en que las rugosidades de la superficie no son las mismas para todos los sectores, pueden calcularse usando los valores medios y los valores cuadráticos medios:

$$M = A \cdot \Gamma \left( 1 + \frac{1}{k} \right) \quad (5.7)$$

$$u^2 = A^2 \cdot \Gamma \left( 1 + \frac{2}{k} \right)$$

en donde  $M$  es el valor medio,  $u^2$  el valor cuadrático medio en una distribución de Weibull de parámetros  $A$  y  $B$ , y  $\Gamma$  es la función gama, cuya definición se halla en la Sección 8.6. Usando estas ecuaciones, pueden encontrarse  $M$  y  $u^2$  para cada uno de los sectores de dirección. Los valores totales de la distribución se obtienen de la suma ponderada:

$$\begin{aligned}
 M &= f_1 M_1 + f_2 M_2 + \dots + f_{12} M_{12} \\
 u^2 &= f_1 u_1^2 + f_2 u_2^2 + \dots + f_{12} u_{12}^2
 \end{aligned}
 \tag{5.8}$$

Los parámetros de Weibull correspondientes a la distribución total se pueden estimar usando las expresiones:

$$\frac{M^2}{u^2} = \frac{\Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{k}\right)}{\Gamma \left(1 + \frac{2}{k}\right)} \quad \text{y} \quad M = A \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{k}\right)
 \tag{5.9}$$

en donde  $A$  y  $k$  representan ahora los parámetros de la distribución total. Para facilitar en el caso de aplicaciones prácticas, las soluciones de estas ecuaciones están tabuladas en el Apéndice B, Tablas B.5 y B.6. Asimismo, la función gama también está tabulada en las Tablas B.3 y B.4 para sus valores más habituales.

El método para determinar los parámetros de Weibull para la distribución total puede resumirse en los pasos siguientes:

1. Determinar  $A$ ,  $k$ , y  $f$  para cada sector.
2. Determinar  $F_M(k)$  a partir de la Tabla B.3, también para cada sector; multiplicar por el valor correspondiente de  $A$  en cada sector para obtener  $M_1, M_2, \dots, M_{12}$ .
3. Determinar  $u^2$  para cada sector (es decir,  $u_1^2, u_2^2, \dots, u_{12}^2$ ) para lo que  $F_u(k)$  se obtiene de la Tabla B.4 y con ello  $u^2 = A^2 \cdot F_u(k)$ .
4. Calcular la media ponderada de los valores medios y de los valores cuadráticos medios para obtener el valor medio  $M$  y el valor cuadrático medio  $u^2$  de la distribución total.
5. Calcular  $M^2/u^2$  y usar este valor en la Tabla B.5 para obtener el valor de  $k$  de la distribución total.
6. Utilizando el valor de  $k$  obtenido en el paso anterior y la Tabla B.6 se obtiene  $F_A(k)$ , y con la  $M$  anteriormente calculada se obtiene la  $A$  de la distribución total por  $A = M/F_A(k)$ .

Estos cálculos se pueden realizar fácilmente, tal y como se ilustra en los siguientes ejemplos.

**Ejemplo 5.2** Considerando la misma situación que en el ejemplo anterior, calcular los parámetros de Weibull para la distribución de la velocidad del viento.

La información que se obtiene de las estadísticas de la estación de *Eelde* se encuentra tabulada en la Tabla 5.2 y posteriormente se desarrolla el proceso arriba especificado.

*Tabla 5.2. Esquematización del cálculo de los parámetros de Weibull de la distribución total.*

| Sector | R.cl. | $A$  | $k$  | $f$  | $M$ | $u^2$ |
|--------|-------|------|------|------|-----|-------|
| 1      | 0     | 8.7  | 2.58 | 5.6  | 7.7 | 70.0  |
| 2      | 0     | 8.0  | 2.47 | 6.5  | 7.1 | 59.8  |
| 3      | 0     | 9.3  | 2.25 | 7.7  | 8.2 | 82.9  |
| 4      | 1     | 7.3  | 2.40 | 9.0  | 6.5 | 50.1  |
| 5      | 1     | 6.6  | 2.38 | 6.8  | 5.9 | 41.1  |
| 6      | 1     | 6.7  | 2.22 | 5.6  | 5.9 | 43.2  |
| 7      | 1     | 8.1  | 2.14 | 8.7  | 7.2 | 63.9  |
| 8      | 1     | 8.9  | 2.27 | 12.3 | 7.9 | 75.7  |
| 9      | 1     | 8.7  | 2.31 | 14.4 | 7.7 | 71.9  |
| 10     | 0     | 10.4 | 2.22 | 11.2 | 9.2 | 104.1 |
| 11     | 0     | 9.6  | 2.14 | 7.7  | 8.5 | 89.8  |
| 12     | 0     | 9.5  | 2.49 | 6.1  | 8.4 | 84.1  |

$$M = \frac{\sum M_i f_i}{\sum f_i} = \frac{7.74}{1.02} = 7.6$$

$$u^2 = \frac{\sum u_i^2 f_i}{\sum f_i} = \frac{72.8}{1.02} = 71.4$$

$$\frac{M^2}{u^2} = 0.809$$

$$k = F_k(0.809) = 2.17 \quad (\text{Tabla B.5})$$

$$A = M \cdot F_A(2.17) = 8.6 \quad (\text{Tabla B.6})$$

Ahora se puede usar la Tabla B.2 para estimar la densidad total de energía disponible:

$$E = A^3 F_E(k) = 8.6^3 F_E(2.17) = 4195 \text{ kWh m}^{-2} \text{ y}^{-1} = 479 \text{ Wm}^{-2}$$

Como era de esperar, el resultado es el mismo que el obtenido en el Ejemplo 5.1.

Usando ahora, para el mismo planteo, las estadísticas de las estaciones cercanas Schiphol, Leeuwarden y Texel, se obtienen los resultados agrupados en la Tabla 5.3. La tabla muestra como los resultados acuerdan bien.

Hay que remarcar que todo el proceso aquí descrito presupone que la distribución total de la velocidad del viento es una distribución de Weibull; así, como menor sea el parecido, menor será también la validez de los cálculos.

*Tabla 5.3. Estimación de la velocidad media del viento, la densidad de energía media y los parámetros de Weibull a 50 metros de altura en la costa del Mar del Norte en los Países Bajos. El cálculo se ha hecho a partir de las estadísticas obtenidas de estaciones holandesas.*

| Estación   | $M$<br>$\text{ms}^{-1}$ | $A$<br>$\text{ms}^{-1}$ | $k$  | $E$<br>$\text{Wm}^{-2}$ |
|------------|-------------------------|-------------------------|------|-------------------------|
| Eelde      | 7.6                     | 8.6                     | 2.17 | 479                     |
| Schiphol   | 7.6                     | 8.6                     | 2.17 | 480                     |
| Leeuwarden | 7.8                     | 8.8                     | 2.16 | 516                     |
| Texel      | 7.6                     | 8.6                     | 1.97 | 524                     |

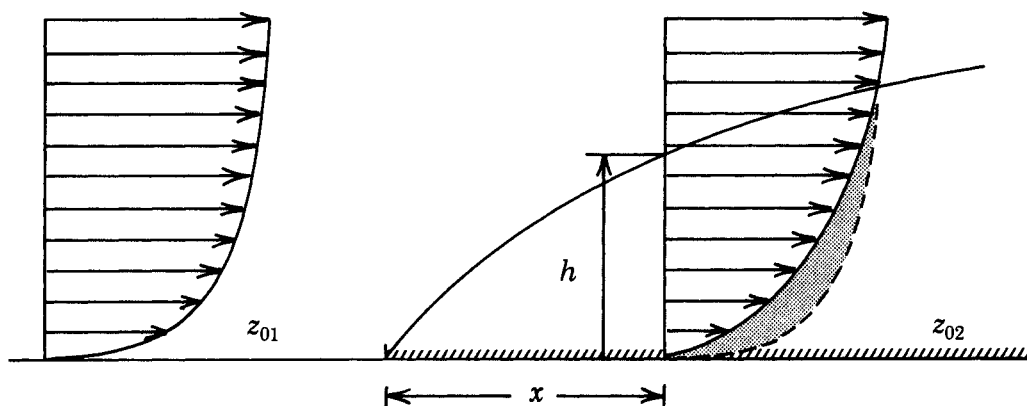
En esta sección se ha visto como pueden calcularse los parámetros de Weibull en el caso en que la rugosidad no sea la misma en todas las direcciones. Por otro lado, no es extraño tampoco el caso en que alguno de los sectores no pueda considerarse homogéneo debido a los cambios de rugosidad que en él se encuentran a una cierta distancia del punto de interés. Para estimar los parámetros de Weibull en estos casos, se puede recurrir a un método simple que se basa en , tal y como la experiencia demuestra, la formación de una capa fronteriza interna corriente abajo y desde el cambio de rugosidad. La altura de esta capa fronteriza aumenta con la distancia al punto de cambio. Fuera de esta capa, el cambio de rugosidad no se nota, y la velocidad del viento se determina aquí con la rugosidad de la región corriente arriba. En el interior de la capa, la velocidad del viento depende tanto de la rugosidad anterior como de la posterior al cambio.

La situación con un cambio de rugosidad como el de la Fig. 5.1 es, pues, como sigue: el aire pasa de una superficie con un valor  $z_{01}$  de rugosidad superficial a otra cuyo valor es ahora  $z_{02}$ . Anterior al cambio de rugosidad y por encima de la capa fronteriza interna desarrollada, la velocidad del viento se determina por la rugosidad de la superficie corriente arriba,  $z_{01}$ . Por debajo de la altura  $h$ , y en la dirección del viento a partir del cambio de rugosidad, la velocidad del viento es la velocidad anterior al cambio modificada por un factor que depende de la altura por encima del nivel del suelo, de las dos rugosidades y de la altura  $h$ . La altura  $h$  se puede obtener de la Fig. 5.2;  $h$  debe leerse de la curva correspondiente a la mayor de las dos clases de rugosidad.  $h$  también puede determinarse a partir de la expresión:

$$\frac{h}{z'_0} \left( \ln \frac{h}{z'_0} - 1 \right) = 0.9 \cdot \frac{x}{z'_0} \tag{5.10}$$

$$z'_0 = \max(z_{01}, z_{02})$$

Si la altura del buje es superior a  $h$ , el terreno visto desde el aerogenerador puede considerarse homogéneo, y no es necesario tener en cuenta el cambio de la rugosidad superficial. En caso contrario, si la altura del buje es inferior a  $h$ , los parámetros



*Figura 5.1. Situación idealizada del flujo eólico bajo un cambio importante de clase de rugosidad. En la figura pueden verse el perfil vertical del viento y el parámetro de aspereza  $z_{01}$  antes del cambio de clase de rugosidad y después de éste, a una distancia  $x$  según la dirección del viento del cambio con un parámetro de aspereza de  $z_{02}$ . La altura  $h$  de la capa fronteriza interna desarrollada, es función de  $x$ .*

de Weibull deben modificarse para tener en cuenta los cambios en la distribución de velocidades debido al cambio de rugosidad. Recomendamos los pasos siguientes para la corrección de los parámetros:

- determinar los parámetros  $A$  y  $k$  para la rugosidad superficial anterior al cambio,  $z_{01}$ , tal y como se ha descrito ya en este capítulo.
- determinar la altura  $h$  de la capa fronteriza interna a partir de la Ec. 5.10 y de la Fig. 5.2.
- si la altura del buje es superior a  $h$ , no hay que modificar el valor de los parámetros.
- si la altura del buje es inferior a  $h$ , hay que corregir el parámetro  $A$  determinado para la rugosidad anterior al cambio de la siguiente manera:

$$A_{local(z_{02})} = A_{corriente\ arriba(z_{01})} \cdot Cor \quad (5.11)$$

$$Cor = \frac{\ln(z/z_{02}) \ln(h/z_{01})}{\ln(z/z_{01}) \ln(h/z_{02})}$$

Para los casos en los que el terreno antes del cambio de rugosidad es homogéneo pero que después del cambio se comporta como un seguido de zonas de rugosidades distintas, se puede estimar la rugosidad resultante a partir de la Tabla 5.4.

El proceso consiste en dividir cada segmento en cuatro partes de rugosidad aproximadamente igual, y la Tabla 5.4 da el parámetro de aspereza general del segmento en función del número de cuartos de cada valor del parámetro de aspereza que hay en ella.

Tabla 5.4. *Parámetro de aspereza ponderado en un área,  $z_0^R$ . El área se divide en cuatro partes y cada una de ellas se clasifica según el criterio de clasificación de rugosidad del Atlas Eólico. La  $z_0^R$  se da como función del número de cuartos de cada clase de rugosidad en la zona.*

| Clase:     | 0      | 1    | 2    | 3    | $z_0^R$ |
|------------|--------|------|------|------|---------|
| $z_0$ [m]: | 0.0002 | 0.03 | 0.10 | 0.40 | [m]     |
|            | 3      | 1    |      |      | 0.001   |
|            | 3      |      | 1    |      | 0.002   |
|            | 3      |      |      | 1    | 0.003   |
|            | 2      | 2    |      |      | 0.004   |
|            | 2      | 1    | 1    |      | 0.006   |
|            | 2      | 1    |      | 1    | 0.010   |
|            | 2      |      | 2    |      | 0.009   |
|            | 2      |      | 1    | 1    | 0.015   |
|            | 2      |      |      | 2    | 0.025   |
|            | 1      | 3    |      |      | 0.011   |
|            | 1      | 2    | 1    |      | 0.017   |
|            | 1      | 2    |      | 1    | 0.027   |
|            | 1      | 1    | 2    |      | 0.024   |
|            | 1      | 1    | 1    | 1    | 0.038   |
|            | 1      | 1    |      | 2    | 0.059   |
|            | 1      |      | 3    |      | 0.033   |
|            | 1      |      | 2    | 1    | 0.052   |
|            | 1      |      | 1    | 2    | 0.079   |
|            | 1      |      |      | 3    | 0.117   |
|            |        | 3    | 1    |      | 0.042   |
|            |        | 3    |      | 1    | 0.064   |
|            |        | 2    | 2    |      | 0.056   |
|            |        | 2    | 1    | 1    | 0.086   |
|            |        | 2    |      | 2    | 0.127   |
|            |        | 1    | 3    |      | 0.077   |
|            |        | 1    | 2    | 1    | 0.113   |
|            |        | 1    | 1    | 2    | 0.163   |
|            |        | 1    |      | 3    | 0.232   |
|            |        |      | 3    | 1    | 0.146   |
|            |        |      | 2    | 2    | 0.209   |
|            |        |      | 1    | 3    | 0.292   |

Cuando se ha dividido el sector, no hay que olvidar que las áreas más cercanas al lugar en cuestión son las que más van a afectar al valor de la velocidad del viento en ellas. Usando el principio que se muestra en la Fig. 5.3, se asignan pesos altos a la áreas más cercanas si se ha obtenido previamente el mismo peso para cada una de ellas, I, II, III y IV. Así, si las áreas I, II, III y IV son de las clases 0, 1, 2 y 3, respectivamente, la rugosidad resultante que se deriva de la Tabla 5.4 es  $\approx 0.04$  m.

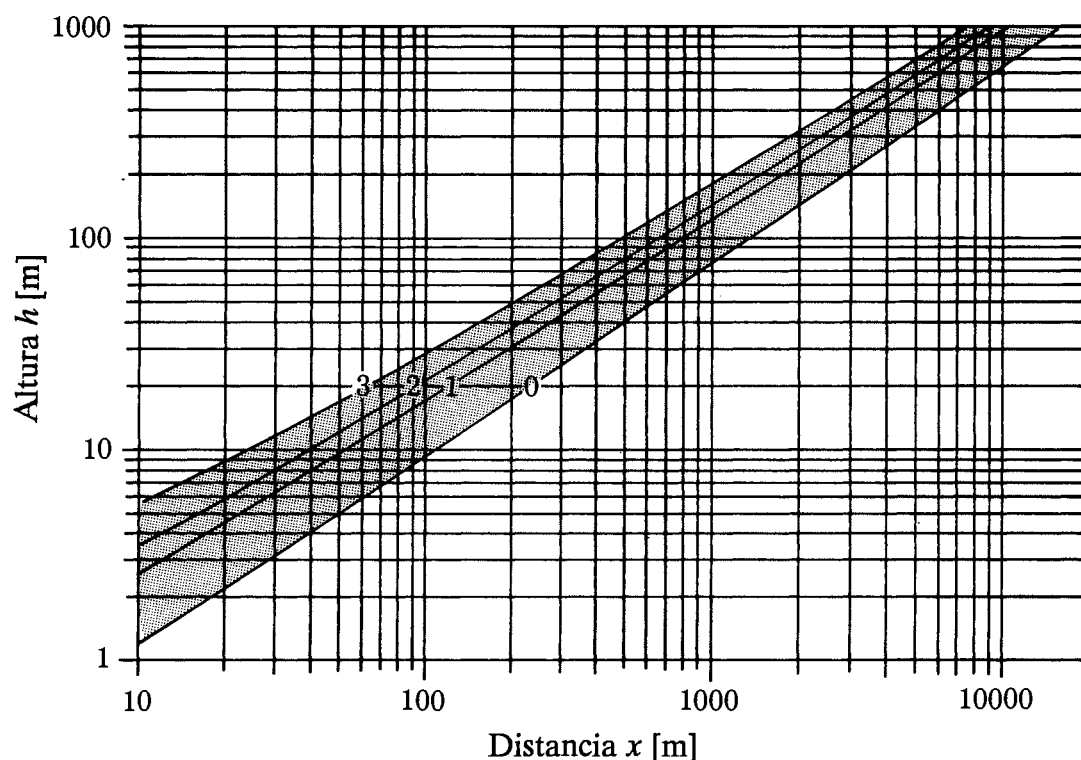


Figura 5.2. Altura de la capa fronteriza interna  $h$  como función de la distancia  $x$  al cambio de rugosidad corriente abajo, para las cuatro clases de rugosidad (0 to 3).

**Ejemplo 5.3** La Figura 5.4 muestra un aerogenerador de 30 m de altura situado en campo llano y abierto a 2 km de la costa. El cambio de rugosidad se da claramente en la costa así que el parámetro de aspereza corriente arriba es de 0.0002 m. Es necesario determinar la rugosidad del segmento desde la costa hasta la distancia mínima  $L$  desde el aerogenerador a la que la rugosidad del terreno puede notarse a la altura del buje. La longitud  $L$  puede leerse de la Fig. 5.2; para un buje a 30 m de altura en terreno de clase 1,  $L$  es de 200 m. Para el segmento, la Tabla 5.4 da un parámetro de aspereza global de  $\approx 0.16$  m. La altura  $h$  se evalúa a partir de la Fig. 5.2 o de la Ec. 5.10 dando  $h \approx 280$  m, y el factor de corrección se convierte en:

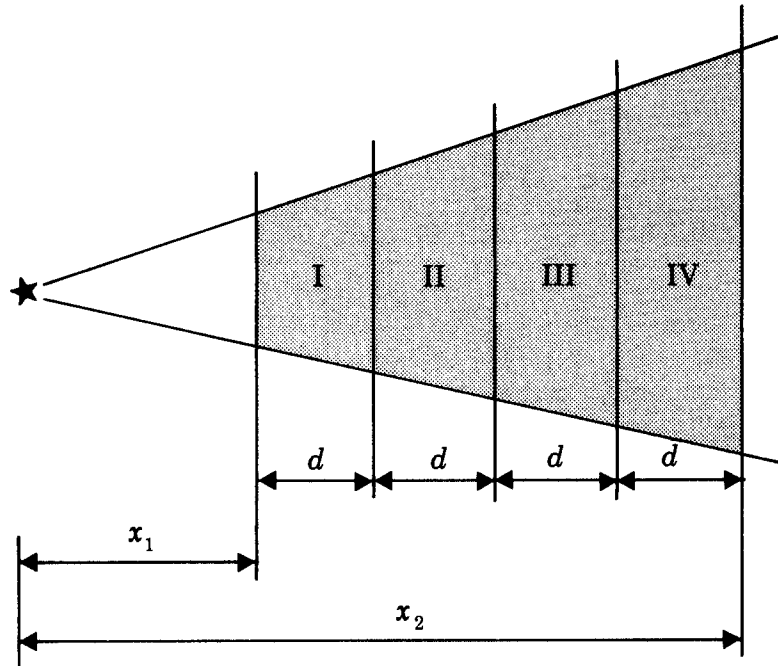
$$\text{Cor} = \frac{\ln(30/0.16) \ln(280/0.0002)}{\ln(30/0.0002) \ln(280/0.16)}$$

$$\text{Cor} \approx 0.83$$

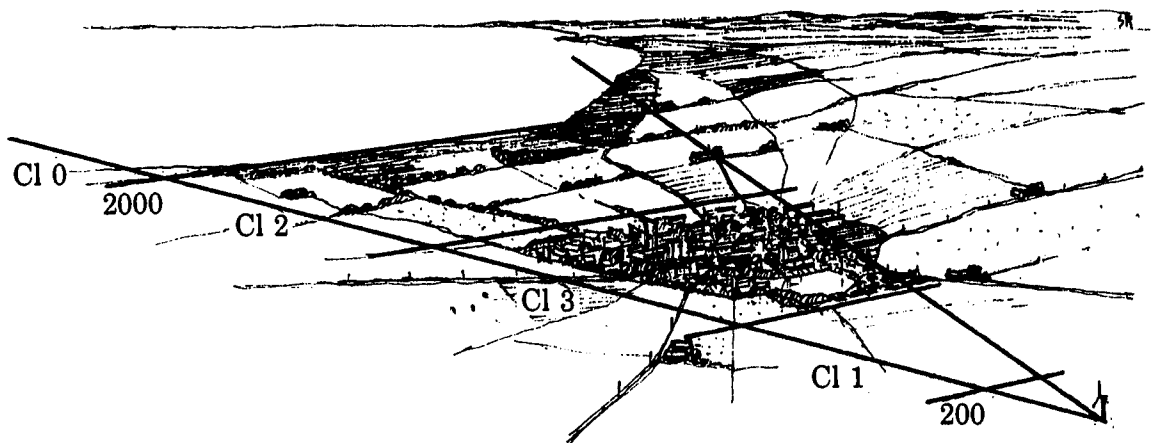
Así, si el parámetro  $A$  a contra corriente – por encima del agua a 30 metros de altura – se determina a partir de las estadísticas de la estación y da, pongamos que  $7 \text{ m s}^{-1}$ , entonces el parámetro  $A$  a la altura del buje en el sector del segmento considerado es  $7 \cdot 0.83 = 5.8 \text{ m s}^{-1}$ . El parámetro  $k$  no lleva corrección.

Para situaciones en las que se dan cambios importantes y complicados de rugosidad en el terreno, se necesita hacer uso de una teoría más elaborada como la que se describe en el Capítulo 8.





*Figura 5.3. Principio de ponderación de áreas en el cálculo de la rugosidad.*



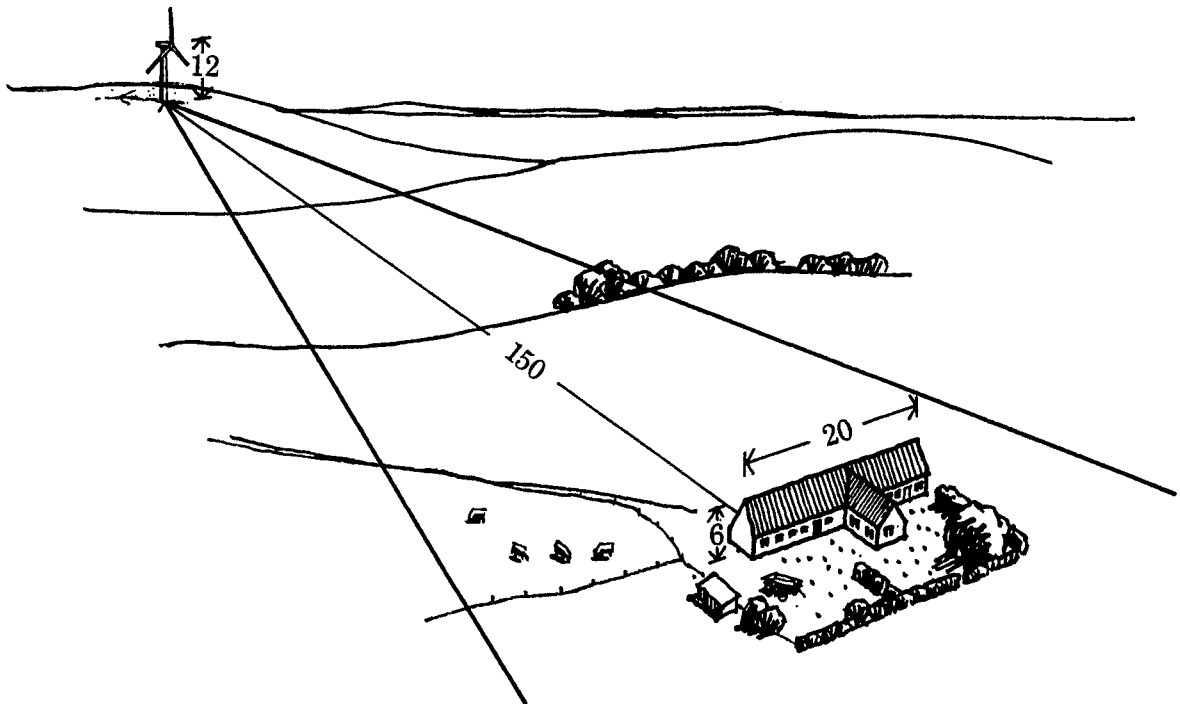
*Figura 5.4. Un ejemplo de la clasificación de la rugosidad (Ejemplo 5.3).*

### 5.3 Cálculo del resguardo

Debe evitarse el instalar aerogeneradores cerca de los edificios, porque la vida media de un aerogenerador puede ser acortada debido al movimiento perturbado del flujo en los alrededores de los edificios y además, el nivel de producción energética muy reducido. La pérdida de producción puede estimarse a partir de los principios dados en la Sección 3.2.

**Ejemplo 5.4** La Figura 5.5 muestra un caso muy típico, de la presencia de una granja en uno de los sectores de dirección. El parámetro  $A$  debe reducirse en este sector con los siguientes cálculos:

|                                       |     |   |       |
|---------------------------------------|-----|---|-------|
| distancia del aerogenerador a la casa | $x$ | = | 150 m |
| altura del edificio                   | $h$ | = | 6 m   |
| altura del buje                       | $H$ | = | 12 m  |



*Figura 5.5. Un ejemplo de resguardo detrás de un edificio (Ejemplo 5.4).*

con lo que  $x/h = 25$  y  $H/h = 2$ , que, cuando se usan como datos de entrada en la Fig. 3.2, dan  $R_1 \approx 16\%$ . Esta reducción es la que corresponde a una granja de longitud infinita; la Ec. 3.4 da la reducción debida a la longitud limitada de la granja (20 metros):

$$R_2 = 2 \frac{L}{x} = 2 \frac{20}{150} = 0.27$$

Y por último, la Ec. 3.5 da el parámetro  $A$  corregido en el sector en cuestión:

$$\begin{aligned} A_{cor} &= A(1 - 0.16 \cdot 0.27) \\ A_{cor} &= 0.96 A \end{aligned}$$

El parámetro  $k$  no se corrige.

Para situaciones más complejas, en las que se encuentren muchos obstáculos en el mismo sector, es necesario el uso de procedimientos de cálculo más elaborados tal y como se describe en el Capítulo 8.

## 5.4 Orografía

Bien conocido es de todos el hecho de que en la cima de una colina el viento es generalmente más fuerte que en el terreno circundante. Por lo tanto, ésta debe de ser una ubicación idónea para el emplazamiento de aerogeneradores.

Para el caso sencillo de sierra perpendicular al viento, el aumento de velocidad  $\Delta S$  y la altura del aumento máximo  $\ell$  pueden calcularse según las Ecs. 3.7 y 3.8.

Si la altura del buje  $H$  no es igual a la altura  $\ell$ , el aumento de velocidad  $\Delta S$  se encuentra a partir de la altura  $H$  de la siguiente manera:

$$\Delta S_H = \begin{cases} \Delta S_\ell & \text{para } H \leq \ell \\ \Delta S_\ell \cdot \frac{\ln(H/2L)}{\ln(\ell/2L)} & \text{para } \ell < H \leq 2L \\ 0 & \text{para } 2L < H \end{cases} \quad (5.12)$$

en donde  $L$  es la mitad de la anchura de la colina tal y como se muestra en la Fig. 3.6. El efecto de colocar un aerogenerador en la cima de una colina, hay que considerarlo en el momento de calcular los parámetros de Weibull, aumentando el valor de  $A$  en los sectores en los que el viento es acelerado por la colina:

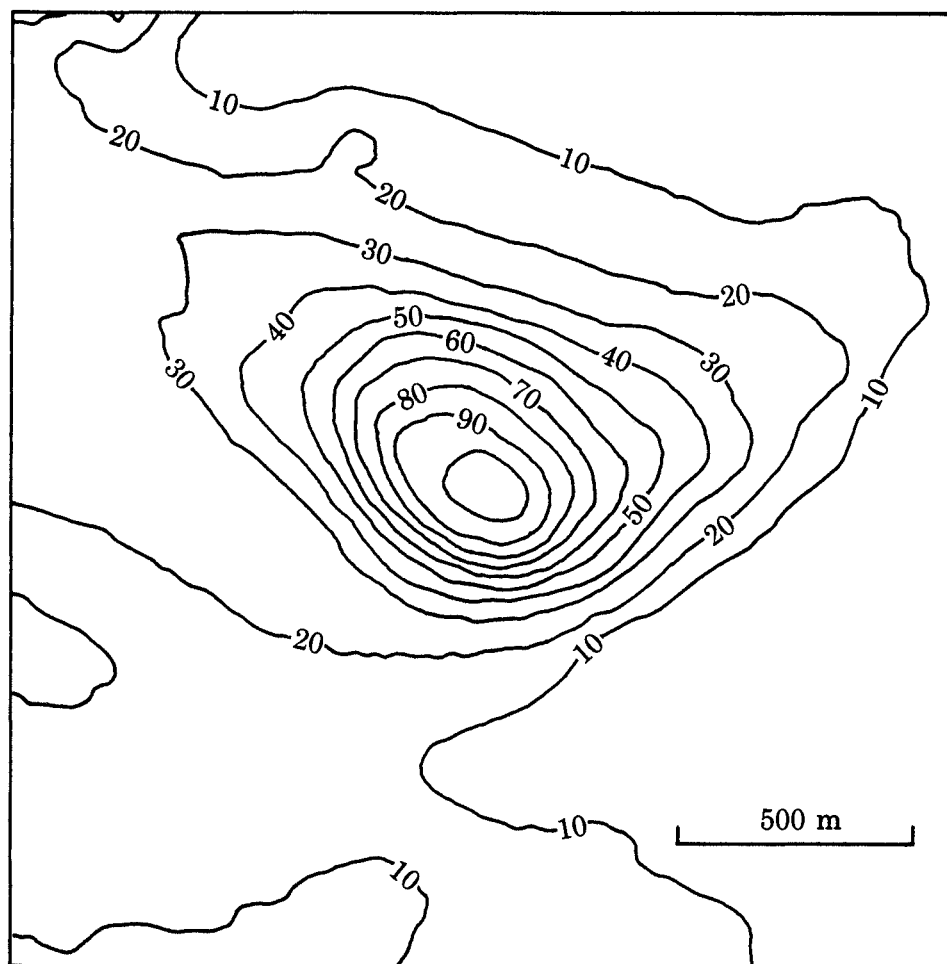
$$A_{cor} = A(1 + \Delta S) \quad (5.13)$$

El parámetro de Weibull  $k$  no lleva corrección.

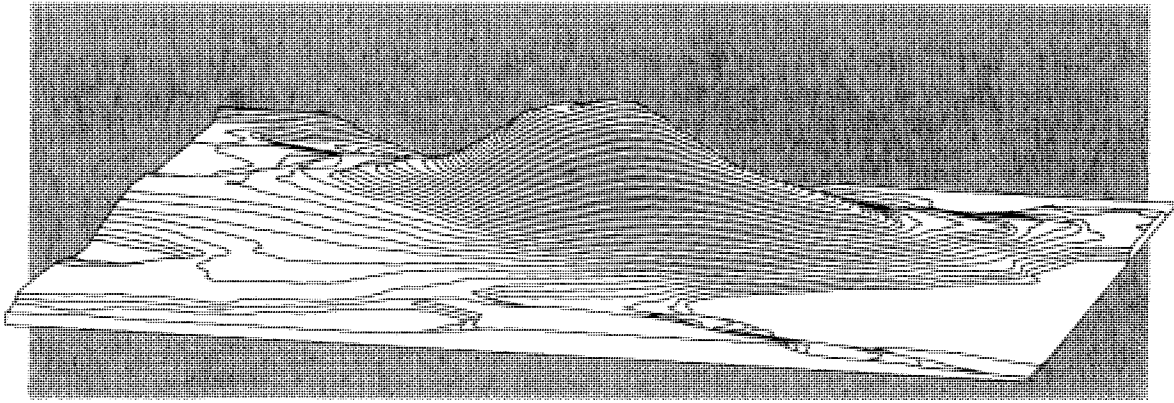
Hay que recalcar el hecho de que el procedimiento se aplica sólo en lugares en la cima de sierras aisladas en las que la pendiente no supera el valor de  $\approx 0.3$ .

**Ejemplo 5.5** Para ilustrar el procedimiento de cálculo del aumento de velocidad en una colina suave y aislada, las Figs. 5.6–5.10 muestran los resultados obtenidos

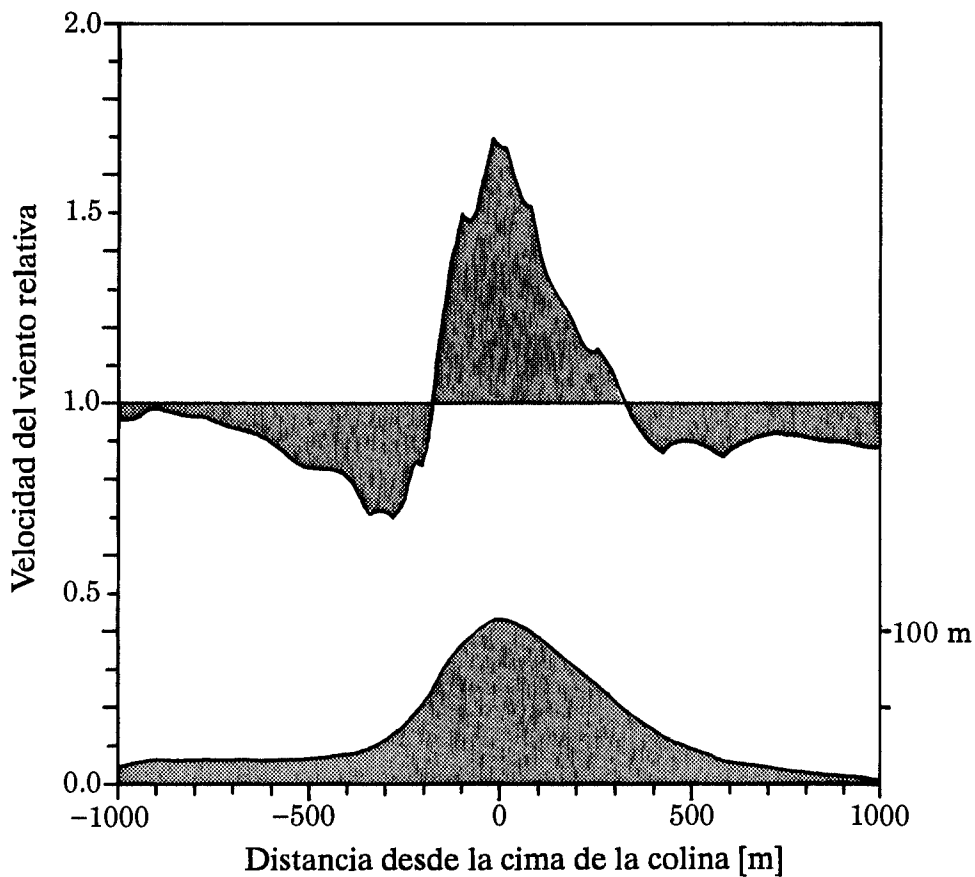
al aplicar el modelo orográfico (Capítulo 8) a la colina de Blasheval en Escocia. Las perturbaciones del flujo inducidas por esta colina fueron el tema de un estudio de Mason y King (1985). Un dibujo del relieve de la colina se muestra en la Fig. 5.6 y una perspectiva en la Fig. 5.7. En la Fig. 5.8, se muestra la velocidad relativa a una altura de 8 m por encima de la superficie para vientos de una dirección de  $210^\circ$  para distintas posiciones en la línea que cruza la cumbre. El aumento de velocidad previsto en la cumbre es de un 70%, y coincide con el valor observado. De la misma forma, es posible estimar el aumento de velocidad usando la Ec. 5.12: la rugosidad superficial es de 0.01 m y a partir de la Ec. 3.8 se puede estimar la altura  $\ell$  a la que el aumento de velocidad es máximo, obteniendo para este caso 2.5 m. Se ha tomado aquí para  $L$  un valor de 230 m, según se ha deducido de la Fig. 5.6 o Fig. 5.8. Cuando se sustituyen estos valores, la Ec. 5.12 predice un 68% de aumento de la velocidad. De todas formas, esta fórmula sencilla (Ec. 5.12), sólo es válida para el caso de una única colina bien definida y aislada, y sólo para la estimación del aumento de la velocidad en la cumbre.



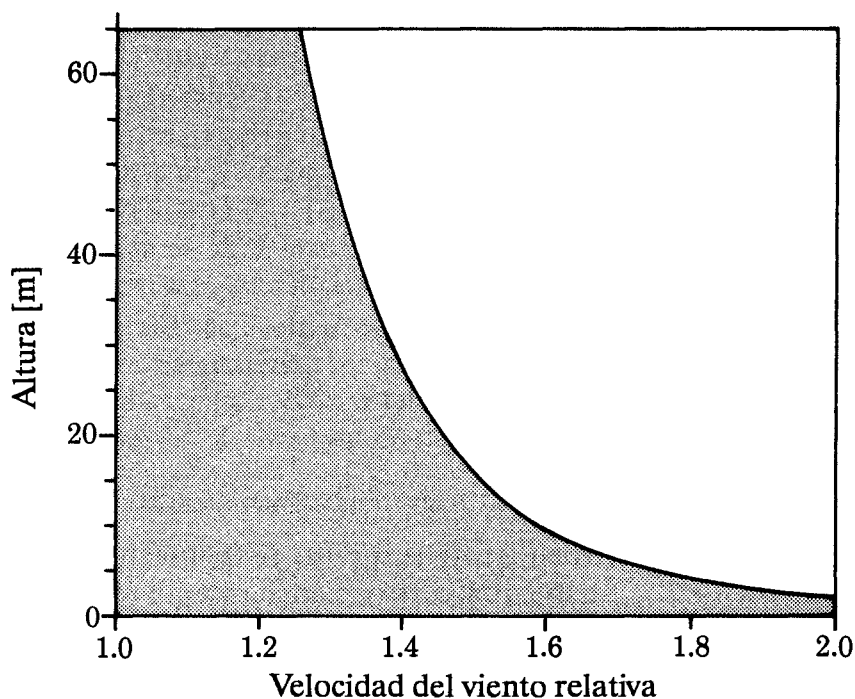
*Figura 5.6. Mapa del relieve de la colina de Blasheval. Se indican las alturas por encima del nivel del mar cada 10 metros.*



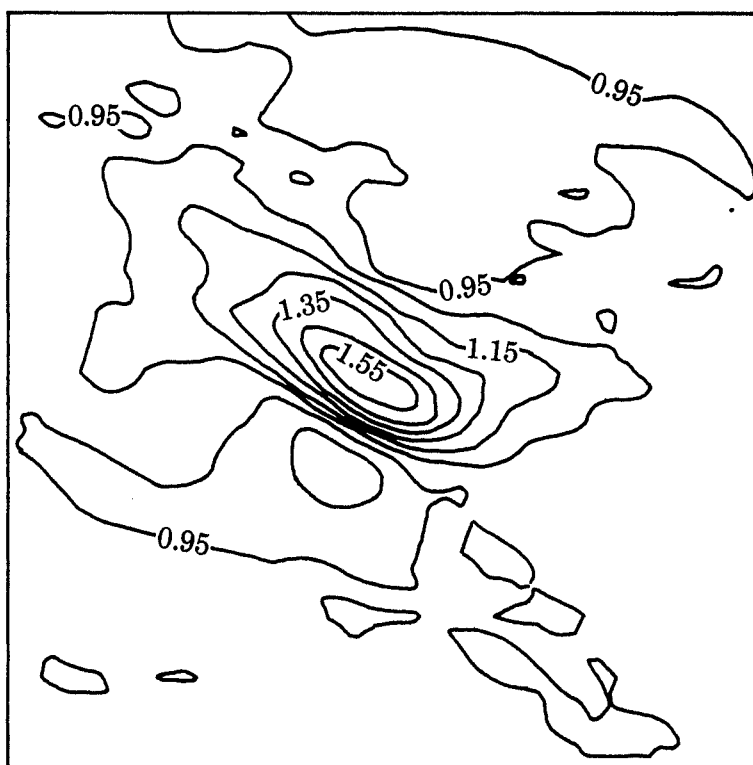
*Figura 5.7. Dibujo en perspectiva de la colina de Blasheval. La vista de la colina es desde el sur. La escala vertical se ha exagerado con un factor de 5.*



*Figura 5.8. Cambios en la velocidad del viento a lo largo de una línea horizontal a través de la cumbre de la colina de Blasheval. La línea se indica en la Fig. 5.6. En el eje horizontal se señala la distancia en metros desde la cumbre. En el vertical, el factor calculado de aumento de velocidad relativo a 8 m por encima del nivel de la superficie. La gráfica inferior sombreada muestra las alturas de la sección de la colina.*



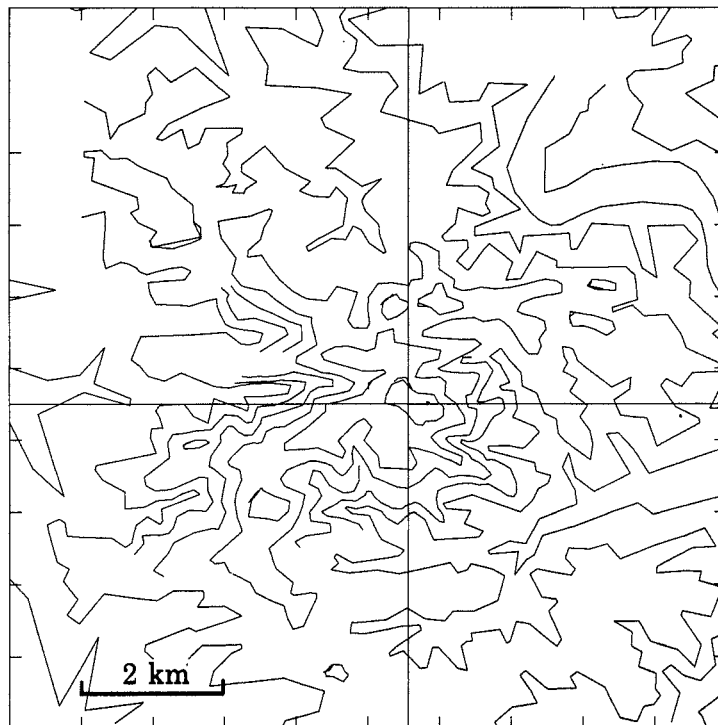
*Figura 5.9. Cambios de la velocidad del viento en un perfil vertical por encima de la cumbre de la colina de Blasheval. El eje horizontal da el factor del aumento de la velocidad del viento. El eje vertical da la altura por encima del nivel de la superficie.*



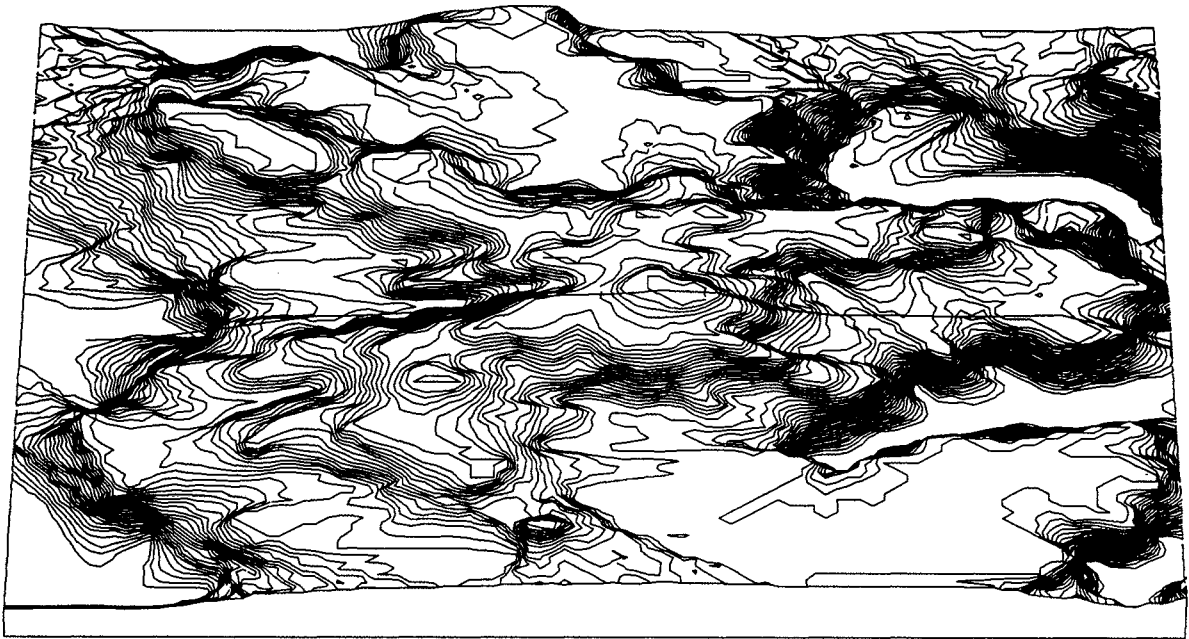
*Figura 5.10. Cambios de la velocidad del viento en una zona alrededor de la colina de Blasheval. El aumento relativo de la velocidad del viento a 8 m por encima del nivel de la superficie se muestra a base de líneas de igual aumento/disminución de la velocidad. La figura ha sido dibujada a partir de los resultados obtenidos de la aplicación del modelo orográfico en cada punto de una red de  $51 \times 51$ .*

Un ejemplo para el caso de topografía más compleja se da en las Figs. 5.11–5.13. En la Fig. 5.11 puede verse un dibujo del relieve de los alrededores de la estación meteorológica de Burrington, UK, y en la Fig. 5.12 una perspectiva. En ambas figuras se ha dibujado una línea (la línea horizontal en la Fig. 5.11; la estación meteorológica se encuentra en la intersección de las dos líneas) a lo largo de la cuál, a 10 m por encima de la superficie y para vientos de dirección  $270^\circ$  se calculó el aumento de velocidad usando el modelo orográfico. Los resultados obtenidos, juntamente con el valor de la altura del terreno a lo largo de la línea, se muestran en la Fig. 5.13. El terreno es ondulado con colinas y valles y las pendientes son moderadas, lo cuál induce aumentos de velocidad del orden del  $\approx 10\%$ . La figura muestra la importancia del emplazamiento cuidadoso incluso en los casos de terreno relativamente no complicado del paisaje tipo 2.

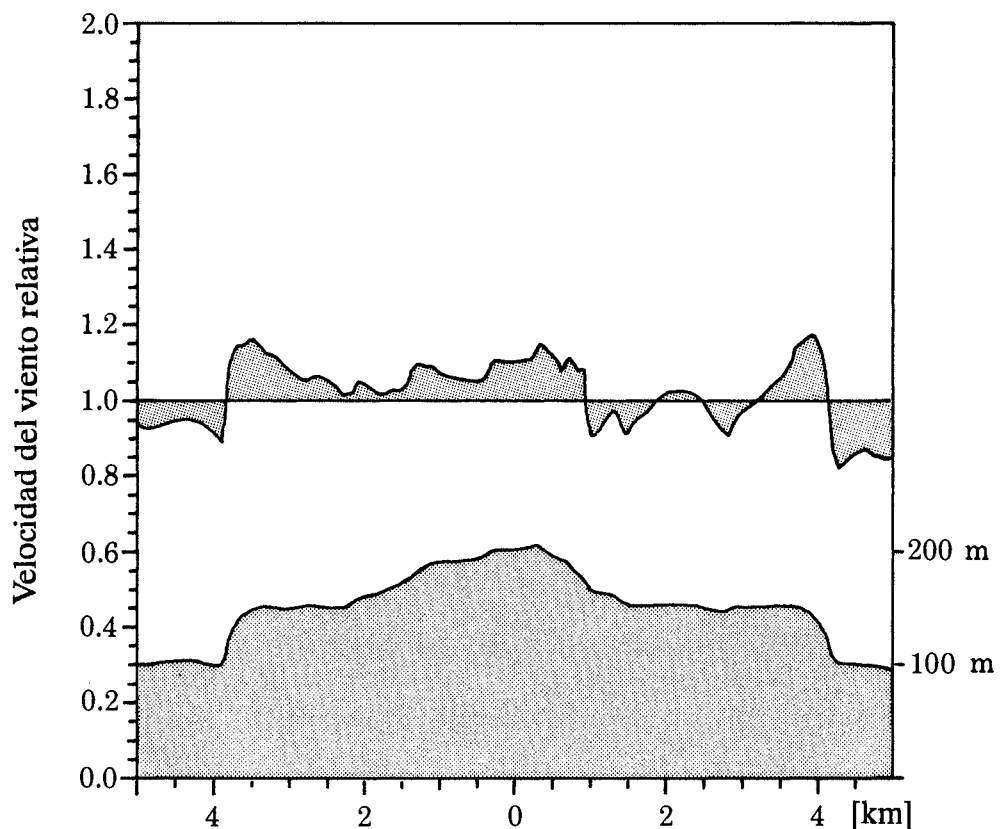
La mayoría de los paisajes contienen una mezcla de fenómenos topográficos que influyen al viento. Los cambios en la velocidad del viento cerca de la superficie provocados por pequeñas colinas, o los cambios provocados por la vegetación y la densidad de obstáculos son del mismo orden de magnitud. La Fig 5.14 muestra (de una forma un poco exagerada) como varía la velocidad del viento a 10 m encima de la superficie si nos movemos desde la costa marítima hacia el interior en Dinamarca. Un procedimiento adecuado para el emplazamiento de un aerogenerador debe tener en cuenta todos los efectos indicados en la figura.



*Figura 5.11. Digitalización del terreno alrededor de Burrington, UK, usada como entrada en el modelo orográfico. La estación meteorológica se encuentra en la intersección de las líneas rectas. Los valores calculados del factor del aumento de la velocidad a lo largo de la línea horizontal se muestran en la Fig. 5.13.*



*Figura 5.12. Dibujo en perspectiva de los alrededores de la estación de Burrington, UK. La escala vertical se ha exagerado por un factor de 5. La línea que se indica en el terreno corresponde a la línea horizontal de la Fig. 5.11.*



*Figura 5.13. Cambios en la velocidad del viento a lo largo de la línea horizontal de la Fig. 5.11. El eje horizontal representa la distancia en kilómetros desde la estación meteorológica. El eje vertical da el factor de aumento de velocidad relativo calculado a 10 m por encima del nivel del suelo. La gráfica inferior sombreada muestra la altura de la sección a lo largo de la misma línea.*



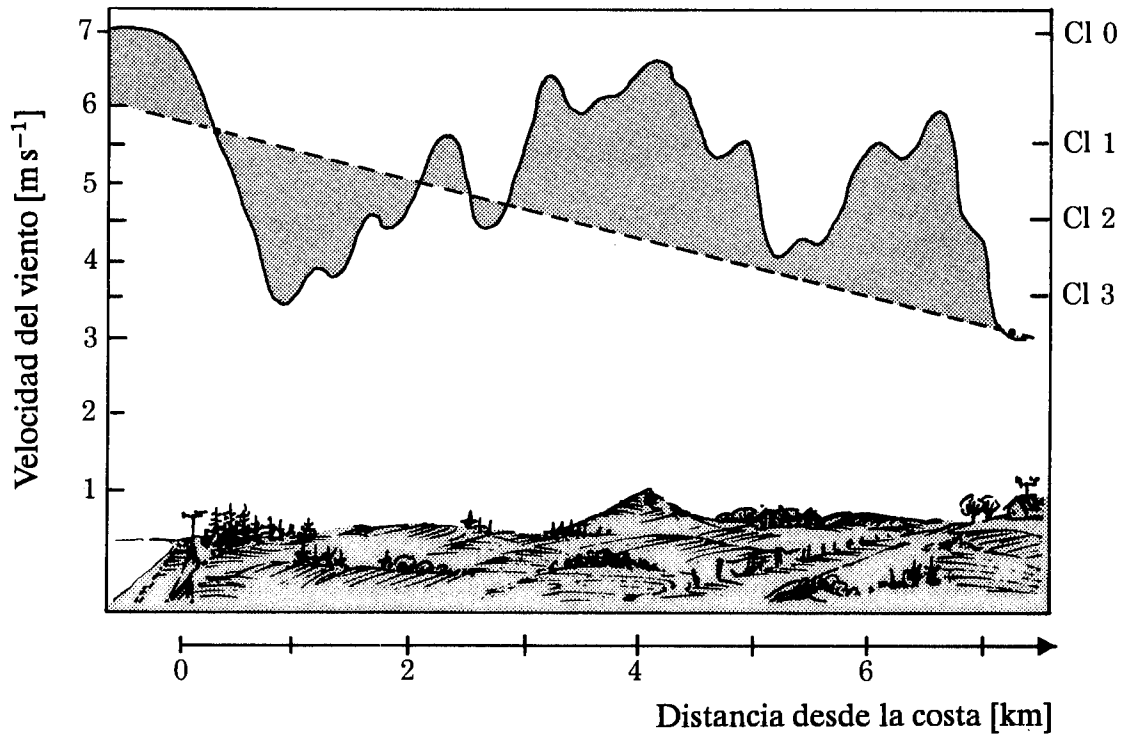


Figura 5.14. Variación de la velocidad media del viento a 10 metros por encima de la superficie causada por los efectos de la topografía (línea continua). La variación ha sido ligeramente exagerada, pero el rango es el típico en unas condiciones como las de Dinamarca. La línea discontinua indica la velocidad media del viento obtenida por interpolación entre dos estaciones alejadas tan sólo unos pocos kilómetros del lugar. La diferencia entre las dos curvas muestra los errores que se cometen al despreciar los efectos de la topografía en pequeña escala.

# Capítulo 6

## Producción de potencia

La potencia producida por un aerogenerador varía con el viento que golpea al rotor. Generalmente se usa la velocidad del viento a la altura del buje como referencia para la respuesta energética del aerogenerador. A la potencia producida como función de la velocidad del viento a la altura del buje se le llama la *curva de potencia*. La Figura 6.1 muestra una curva de potencia: cuando la velocidad del viento es menor que la velocidad de *conexión*, el aerogenerador no es capaz de producir. Cuando la velocidad del viento es superior a esta velocidad de conexión, la potencia producida aumenta con la velocidad hasta un valor máximo, la *potencia nominal*; a partir de aquí, la potencia es prácticamente constante. Para velocidades del viento superiores a la de *desconexión* el aerogenerador es frenado para evitar daños estructurales.

### 6.1 Determinación de la producción de potencia media

Una vez conocida la curva  $P(u)$  de un aerogenerador, la potencia media puede estimarse a partir de la función de densidad de probabilidad de la velocidad del viento a la altura del buje calculada bien a partir de medidas experimentales o bien a partir de un proceso de emplazamiento tal y como se ha descrito en el Capítulo 5:

$$P = \int_0^{\infty} Pr(u)P(u) du \quad (6.1)$$

Si la función de la densidad de probabilidad  $Pr(u)$  ha sido determinada a partir de un proceso de emplazamiento, se tiene en forma de función de Weibull en cuyo caso la expresión para la producción de potencia media se convierte:

$$P = \int_0^{\infty} \left(\frac{k}{A}\right) \left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) P(u) du \quad (6.2)$$

Lo más frecuente es que la integral no pueda calcularse analíticamente y se deba recurrir a métodos numéricos.

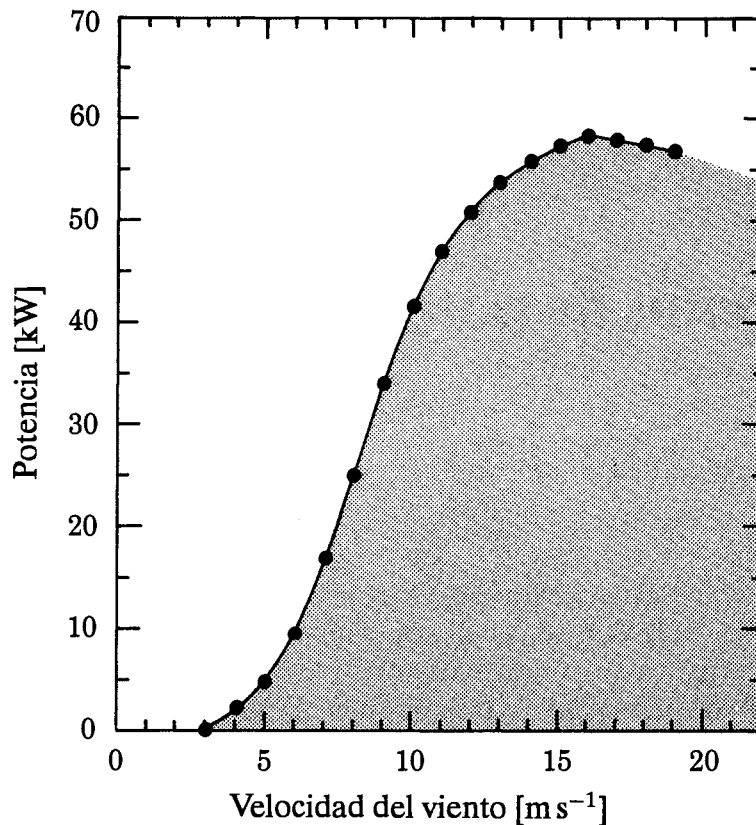


Figura 6.1. Curva de potencia medida de un aerogenerador de 55 kW. La curva de potencia se dibuja como una curva lineal a trozos con nodos cada  $1 \text{ m s}^{-1}$ .

Las curvas de potencia son bastante suaves y pueden aproximarse por una función lineal a tramos con pocos nodos. Con esta aproximación, la potencia puede escribirse como:

$$P(u) = \frac{P_{i+1} - P_i}{u_{i+1} - u_i}(u - u_i) + P_i, \quad u_i \leq u < u_{i+1} \quad (6.3)$$

lo que lleva a una solución analítica de la Ec. 6.2 (Petersen et al., 1981), viz.

$$P = \sum_i \frac{P_{i+1} - P_i}{\alpha_{i+1} - \alpha_i} \left( G_k(\alpha_{i+1}) - G_k(\alpha_i) \right) \quad (6.4)$$

en donde  $\alpha_i = u_i/A$ . La función  $G_k(\alpha)$  es  $1/k$  veces la función gamma incompleta de argumentos  $1/k$  y  $\alpha^k$ . La función está tabulada en el Apéndice B, Tabla B.7, para una serie de valores de  $k$ . En algunos casos puede aparecer una discontinuidad en la curva de potencia (como ocurre para  $u_5 = u_6$  en la Fig. 6.2). Si hay un salto de potencia desde  $P_i$  a  $P_{i+1}$  para  $u_i = u_{i+1}$ , la contribución de este intervalo al valor total será:

$$(P_{i+1} - P_i) \cdot \exp(-\alpha_i^k) \quad (6.5)$$

Usando las Ec. 6.4 y 6.5, la potencia media puede calcularse de forma teórica para cualquier curva de potencia, simplemente dividiendo la curva en intervalos lineales. En la práctica, el método será útil sólo en el caso de que la curva pueda aproximarse por un número reducido de intervalos lineales.

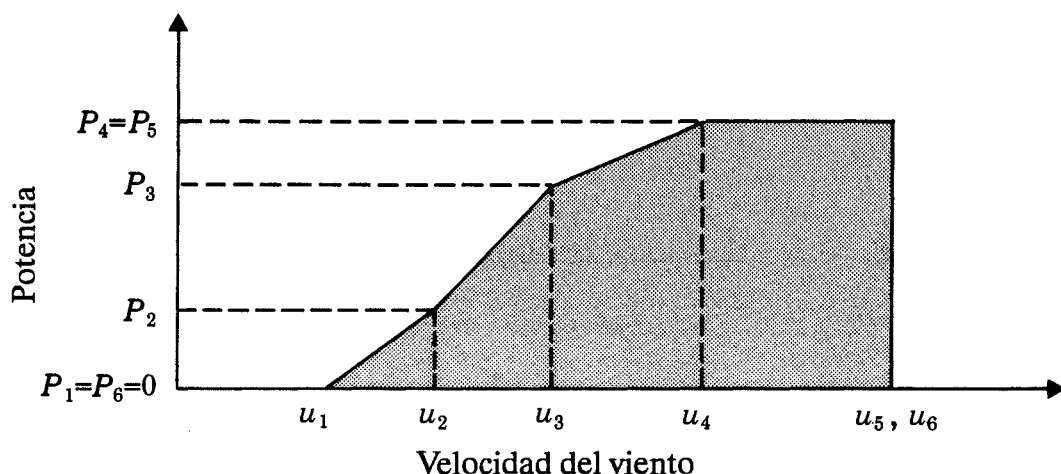


Figura 6.2. Ejemplo de una curva de potencia aproximada por intervalos lineales.

Para muchos aerogeneradores, la forma que se muestra en la Fig. 6.3 es una buena aproximación de la curva de potencia, que sustituida en las Ecs. 6.4 y 6.5 da:

$$P = \frac{P_{max}}{\alpha_2 - \alpha_1} \{ G_k(\alpha_2) - G_k(\alpha_1) - \exp(-\alpha_3^k) \} \quad (6.6)$$

En la práctica, el último término puede despreciarse debido a que, las altas velocidades del viento para las que el aerogenerador debe pararse, se dan con muy poca frecuencia. Para un aerogenerador que posea una curva de potencia prácticamente lineal, la Ec. 6.6 proporciona un método rápido para calcular la producción para distintos valores de los parámetros  $A$  y  $k$ . Por eso, un intervalo incierto de  $A$  y  $k$  puede convertirse en un intervalo de incertidumbre para la producción de potencia.

La aproximación de la curva de potencia a una función lineal debe hacerse con cuidado para evitar así grandes errores innecesarios en la predicción de potencia. Por ejemplo, si la curva de potencia que se muestra en la Fig. 6.1 se aproxima por una curva lineal que va desde 0 kW a 3 m s<sup>-1</sup> hasta 55 kW (la potencia nominal) a 12 m s<sup>-1</sup> y los parámetros de Weibull  $A$  y  $k$  son 6.4 m s<sup>-1</sup> y 2.0 respectivamente, la predicción anual es de 149 MWh. Si se usa la curva real, la predicción es de 112 MWh por año, con lo que la producción se ha sobreestimado en un 33% al aproximar linealmente la curva. Otro método más fidedigno es el de recurrir a la velocidad del viento  $u_m$  a la que la eficiencia es máxima (ver Sección 6.4). La velocidad de conexión es pues  $\frac{2}{3}u_m$ . Para la misma curva de potencia eso da  $u_m = 7.3$  m s<sup>-1</sup>,  $u_1 = 4.9$  m s<sup>-1</sup>,  $u_2 = 11.8$  m s<sup>-1</sup>, y la predicción es ahora de 107 MWh por año, un 5% menos del valor real.

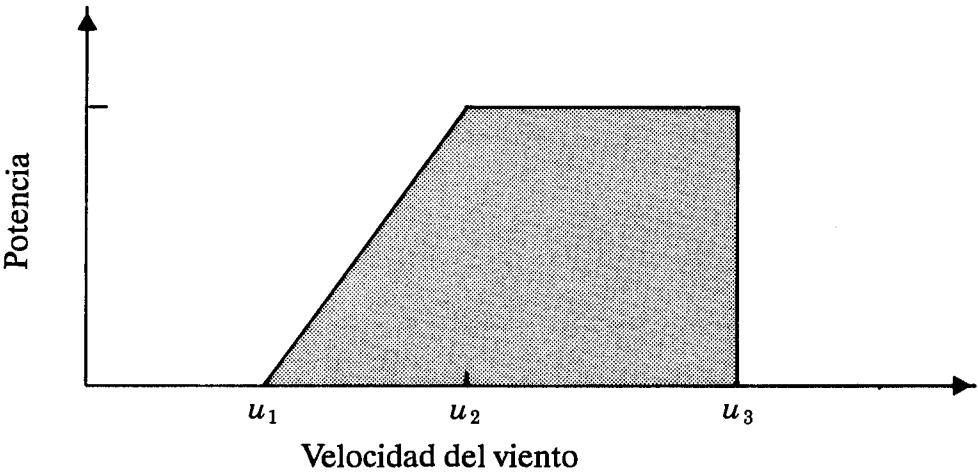


Figura 6.3. Una curva de potencia sencilla y lineal.

**Ejemplo 6.1** Debemos instalar un pequeño aerogenerador en un determinado lugar. La curva de potencia del mismo puede aproximarse por un forma lineal sencilla con los parámetros:

velocidad de conexión  
velocidad a la potencia nominal  
potencia nominal

$u_1 = 5 \text{ m s}^{-1}$   
 $u_2 = 12 \text{ m s}^{-1}$   
 $P_{max} = 50 \text{ kW}$

Los parámetros de Weibull a la altura del buje se estiman con los valores  $A = 6 \text{ m s}^{-1}$  y  $k = 2$  lo que da:

$\alpha_1 = 0.83$   
 $\alpha_2 = 2.00$   
 $\alpha_2 - \alpha_1 = 1.17$

$G_k(\alpha_1) = 0.673$   
 $G_k(\alpha_2) = 0.882$

a partir de lo que la potencia media puede calcularse como:

$$P = 50 \text{ kW} \cdot \frac{1}{1.17}(0.882 - 0.673) = 8.9 \text{ kW}$$

Repitiendo los cálculos para  $A = 6 \pm 1 \text{ m s}^{-1}$  y  $k = 1.5, 2.0$  y  $2.5$ , las potencias medias que se obtienen son (kW):

| $A \text{ [m s}^{-1}\text{]}$ | $k = 1.5$ | $k = 2.0$ | $k = 2.5$ |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 5                             | 6.9       | 5.0       | 3.8       |
| 6                             | 10.6      | 8.9       | 7.8       |
| 7                             | 14.3      | 13.3      | 12.6      |

### Efectos de la densidad del aire y de la turbulencia

La Ec. 5.3 nos da el valor de la densidad de energía media disponible, tomando para la densidad del aire el valor climatológico medio apropiado, teniendo en cuenta que la densidad del aire varía con la temperatura y la presión atmosférica (altura). Además, la curva de potencia  $P(u)$  para cualquier aerogenerador también varía con la densidad del aire. La curva de potencia se da generalmente tomando para la densidad del aire el valor de referencia de  $1.225 \text{ kg m}^{-3}$  que corresponde a condiciones normales de presión al nivel del mar y a una temperatura de  $15^\circ\text{C}$ . Una curva de potencia que se aplica en un lugar en el que la densidad media del aire es diferente al valor de referencia, se asume que es proporcional a la relación de densidades. Esto es válido debido principalmente al rango de densidades del aire relativamente limitado que pueden encontrarse (ver Apéndice B, Tabla B.1). Para aerogeneradores en los que la potencia de salida se usa para el control de la máquina, como en el caso de la mayoría de los aerogeneradores de regulación por paso variable, es necesario recurrir al cálculo correcto de la potencia de salida.

El hecho de trabajar con las medias de las velocidades del viento cada 10 minutos en vez de los valores instantáneos de las mismas, subestima el valor de la energía eólica media disponible ya que no se tienen en cuenta las fluctuaciones del viento a una escala temporal inferior a los 10 minutos. En el Capítulo 8 se ve como la subestimación está relacionada con la intensidad de turbulencia y como puede ser corregida por el término  $3[\ln(z/z_0)]^{-2}$ , siempre y cuando se trate de vientos fuertes sobre terreno homogéneo. Incluso para vientos fuertes, la intensidad de turbulencia puede variar significativamente debido a grandes flujos superficiales de calor y a inhomogeneidades del terreno. Esto puede ser importante, por ejemplo, en las zonas costeras. En terreno complejo, en donde las pendientes superan un 20%, la intensidad de la turbulencia depende fuertemente de la localización concreta en relación con la áreas de aceleración o deceleración.

Hay que señalar, sin embargo, que en la mayoría de los casos en los que los cálculos se hagan para aerogeneradores de un tamaño considerable, *no* hay que añadir a la densidad de potencia estimada por el Atlas la que corresponde a la contribución de la turbulencia. Hay tres razones principales que justifican este razonamiento. La primera es que el rotor tiene un tiempo de respuesta finito, cuya magnitud depende del sistema de control y de la rapidez con que se desarrolla la circulación en las palas. La segunda es que, mientras que el cálculo de la densidad de potencia es en un punto único, la extracción total de la densidad de potencia engloba el efecto de todos los vientos que afectan simultáneamente al disco del rotor. Por eso, debido a la extensión espacial del rotor y a la falta de coherencia vertical y lateral en el campo de vientos, gran parte del efecto de la turbulencia se filtra. Por último, para estimar la potencia de un aerogenerador en concreto se necesita la curva de potencia del mismo, y por convenio, esta curva se refiere a valores promediados cada 10 min. (Frandsen et al., 1982). Por eso, la curva de potencia contiene ella misma parte de la contribución de la turbulencia a la densidad de potencia, valor que depende del aerogenerador en concreto y del terreno en el que se ha medido la curva. Las incertidumbres asociadas al cálculo y uso de las curvas de potencia son a menudo considerables, 10% o más (ver p.e. Christensen y Dragt, 1986; Frandsen, 1987).

Así, no es necesario corregir los valores de potencia estimados en el Atlas a partir de valores medios con el efecto de la turbulencia cuando se realizan los cálculos para terreno llano u ondulado de rugosidad de clase 0, 1, y 2. Para el caso de rugosidades superiores y de perfiles orográficos más pronunciados, entonces sí que hay que incluir un término correctivo para intensidades fuertes de turbulencia, especialmente en los casos en que las curvas de potencia se han calculado en zonas de baja intensidad de turbulencia.

## 6.2 Función de densidad de potencia

Algunas veces puede interesar el evaluar la contribución de distintos rangos de velocidad del viento a la producción total de potencia. Puede hacerse una estimación muy simple evaluando la potencia media en el viento para distintas velocidades del viento. La densidad de potencia media nos la da la expresión:

$$E(u) = \frac{1}{2} \rho u^3 \cdot f(u) \quad (6.7)$$

en donde  $f(u)$  es la distribución de Weibull estimada para el lugar correspondiente. Una gráfica de esta función nos muestra qué velocidades del viento son importantes para la producción de potencia media. En la Fig. 6.4 se muestra un ejemplo. La función consigue un máximo para el valor de la velocidad:

$$u = A \left( \frac{k+2}{k} \right)^{1/k} \quad (6.8)$$

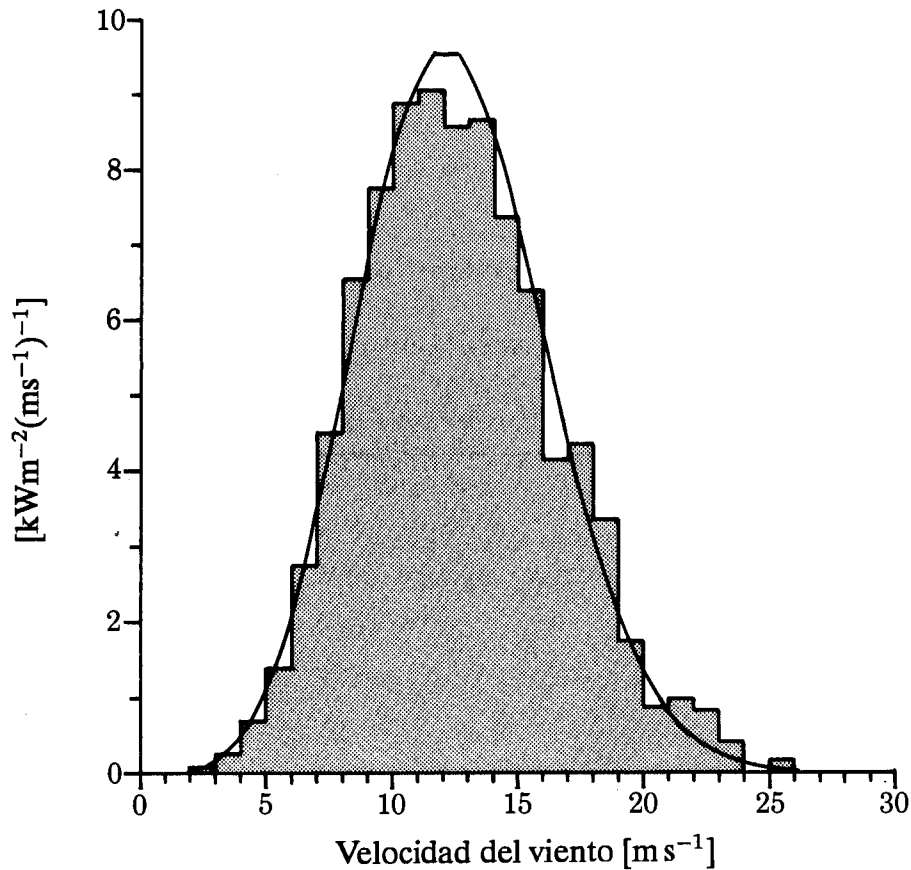
## 6.3 Curva de duración de potencia

Con los parámetros de Weibull y la curva de potencia se puede calcular la probabilidad  $Pr$  de que la potencia supere un cierto valor  $P$ . La curva correspondiente recibe el nombre de curva de duración. Para una curva de potencia lineal sencilla como la que se muestra en la Fig. 6.3, esta probabilidad viene dada por:

$$Pr(\text{potencia} > P) = \exp \left( - \left( \frac{u_p}{A} \right)^k \right), \quad 0 \leq P \leq P_{max} \quad (6.9)$$

con

$$P = \frac{P_{max}}{u_2 - u_1} (u_p - u_1) \quad \text{ó} \quad u_p = u_1 + \frac{P}{P_{max}} (u_2 - u_1) \quad (6.10)$$



*Figura 6.4. Función de densidad de potencia para el mástil de Sprogø, Dinamarca, a una altura de 68 m. El histograma da las densidades de potencia calculadas a partir de los datos; la curva suavizada corresponde a la distribución de Weibull ajustada a los datos, que corresponde a los parámetros  $A = 9.2 \text{ m s}^{-1}$  y  $k = 2.31$ .*

La curva de duración de potencia se convierte entonces en:

$$Pr(\text{potencia} > P) = \exp \left[ - \left( \alpha_1 + \frac{P}{P_{max}} (\alpha_2 - \alpha_1)^k \right) \right] \quad (6.11)$$

## 6.4 Optimización de la producción de potencia

La cantidad de energía eólica disponible para la producción de potencia varía de forma considerable a lo largo de Europa. Pueden darse también grandes variaciones de una región a otra y dentro de una misma región. Cuando ha sido seleccionado un lugar y se ha realizado un emplazamiento idóneo – obteniendo como resultado una función de distribución de Weibull para la velocidad del viento – el siguiente paso es el de decidirse por un aerogenerador apropiado. Debido a las grandes variaciones en el clima eólico, hay que asegurarse de que el diseño del aerogenerador elegido es el mejor para el lugar en concreto.



El proceso tradicional es el de calcular la producción media para uno o más aerogeneradores disponibles siguiendo el método ya especificado en la Sección 6.1. Esto, sin embargo, no nos garantiza que el aerogenerador escogido sea el que da la producción máxima en el lugar escogido ya que éste puede haber sido diseñado para otro régimen de vientos.

La eficiencia de un aerogenerador se define como el cociente entre la energía real producida por la máquina a una velocidad del viento dada y la energía total disponible que atraviesa el área barrida. Es evidente que el máximo aprovechamiento de la energía eólica se puede obtener cuando la eficiencia del aerogenerador consigue su máximo valor en un punto muy cercano al máximo de la función de la densidad de energía del viento. Así, la curva de eficiencia aerodinámica del aerogenerador debe ser aparejada a la de la distribución de la velocidad del viento. Vamos a mostrar un proceso sencillo para ello.

Considerando un aerogenerador con una curva de potencia lineal sencilla, la curva de eficiencia vendrá dada por:

$$C_p(u) = \frac{P(u)}{E(u) \cdot A_R} = \frac{s(u - u_1)}{\frac{1}{2}\rho u^3 \cdot A_R}, \quad u_1 \leq u \leq u_2 \quad (6.12)$$

en donde  $P(u)$  es la potencia obtenida para una velocidad del viento  $u$ ,  $E(u) \cdot A_R$  es la energía total disponible que pasa a través del área barrida,  $A_R$  es el área barrida y  $s$  es la pendiente de la curva de potencia:

$$s = \frac{P_{max}}{u_2 - u_1} \quad (6.13)$$

La eficiencia máxima se da para la velocidad del viento  $u_m$ , que puede encontrarse diferenciando en la Ec. 6.12, obteniendo:

$$u_m = \frac{3}{2}u_1 \quad (6.14)$$

La curva de potencia puede escribirse ahora:

$$P(u) = \frac{3}{2}\rho C_p(u_m)A_R \cdot u_m^2 \left(u - \frac{2}{3}u_m\right) \quad \text{para } u_1 \leq u \leq u_2 \quad (6.15)$$

Sustituyendo esta expresión en la expresión para la potencia media, la Ec. 6.6, se obtiene el resultado:

$$P = \frac{1}{2}\rho C_p(u_m)A_R \cdot A^3 \cdot \left[ 3 \left(\frac{u_m}{A}\right)^2 \cdot \left\{ G_k \left(\frac{u_2}{A}\right) - G_k \left(\frac{2}{3} \frac{u_m}{A}\right) \right\} \right] \quad (6.16)$$

Esta expresión contiene parámetros que describen las características principales de un aerogenerador:

|            |   |   |
|------------|---|---|
| $A_R$      | = | área barrida  |
| $C_p(u_m)$ | = | eficiencia máxima   |
| $u_m$      | = | velocidad del viento a la que la eficiencia es máxima         |
| $u_2$      | = | velocidad del viento a la que se consigue la potencia nominal |

El valor de  $u_m$  que optimiza la potencia media  $P$  puede aproximarse con suficiente exactitud por la expresión:

$$u_m = A \left[ \left( \frac{k+2}{k} \right)^{1/k} - 0.15 \right] \quad (6.17)$$

El primer término en el paréntesis da la velocidad del viento, ponderada por  $A$  a la que se da un máximo de la función de la densidad de potencia para el viento, Ec. 6.8. La expresión muestra pues, que la máxima eficiencia hay que buscarla a una velocidad del viento inferior a la que corresponde al máximo de la función de densidad de energía del viento.

El proceso puede utilizarse como guía para la selección del aerogenerador apropiado.<sup>1</sup> Existen, sin embargo, un par de problemas. El primero, es que el diseño de un aerogenerador para un clima eólico específico, implica no sólo el localizar la máxima eficiencia, sino también la forma detallada de la curva de eficiencia (la eficiencia en función de la velocidad del viento). El segundo, es que la cuestión no se plantea generalmente en términos de como hay que diseñar un aerogenerador para optimizar la producción de potencia en un determinado lugar, sino en como un aerogenerador ya existente puede modificarse con el fin de mejorar la producción de potencia.

Para un aerogenerador de regulación por pérdida aerodinámica con un rotor determinado, las modificaciones más sencillas son: un cambio de la velocidad de rotación a base de cambiar la relación del multiplicador, un cambio en el ángulo de paso de las palas y un cambio en el tamaño del generador.

El efecto en el comportamiento de la potencia producido por un cambio de la velocidad de rotación o del ángulo de paso en las palas de un aerogenerador de regulación por pérdida aerodinámica con una altura de buje de 30 m y un diámetro de rotor de 23 m, puede verse en las Figs. 6.5 y 6.6. Las figuras muestran las curvas de potencia y de eficiencia aerodinámica para variaciones alrededor de los valores del diseño: un ángulo de paso de 0 grados y una velocidad de rotación de 47.5 rpm. Mientras que un cambio en la velocidad de rotación solamente desplaza la curva de eficiencia respecto a la de la velocidad del viento, un cambio en el ángulo de paso cambia también la forma de la curva de eficiencia. En ambos casos, el máximo de potencia y, con eso, la medida del generador han sido influenciados.

<sup>1</sup>La parte restante de este capítulo fue proporcionada por Peter Hauge Madsen, Riso National Laboratory.

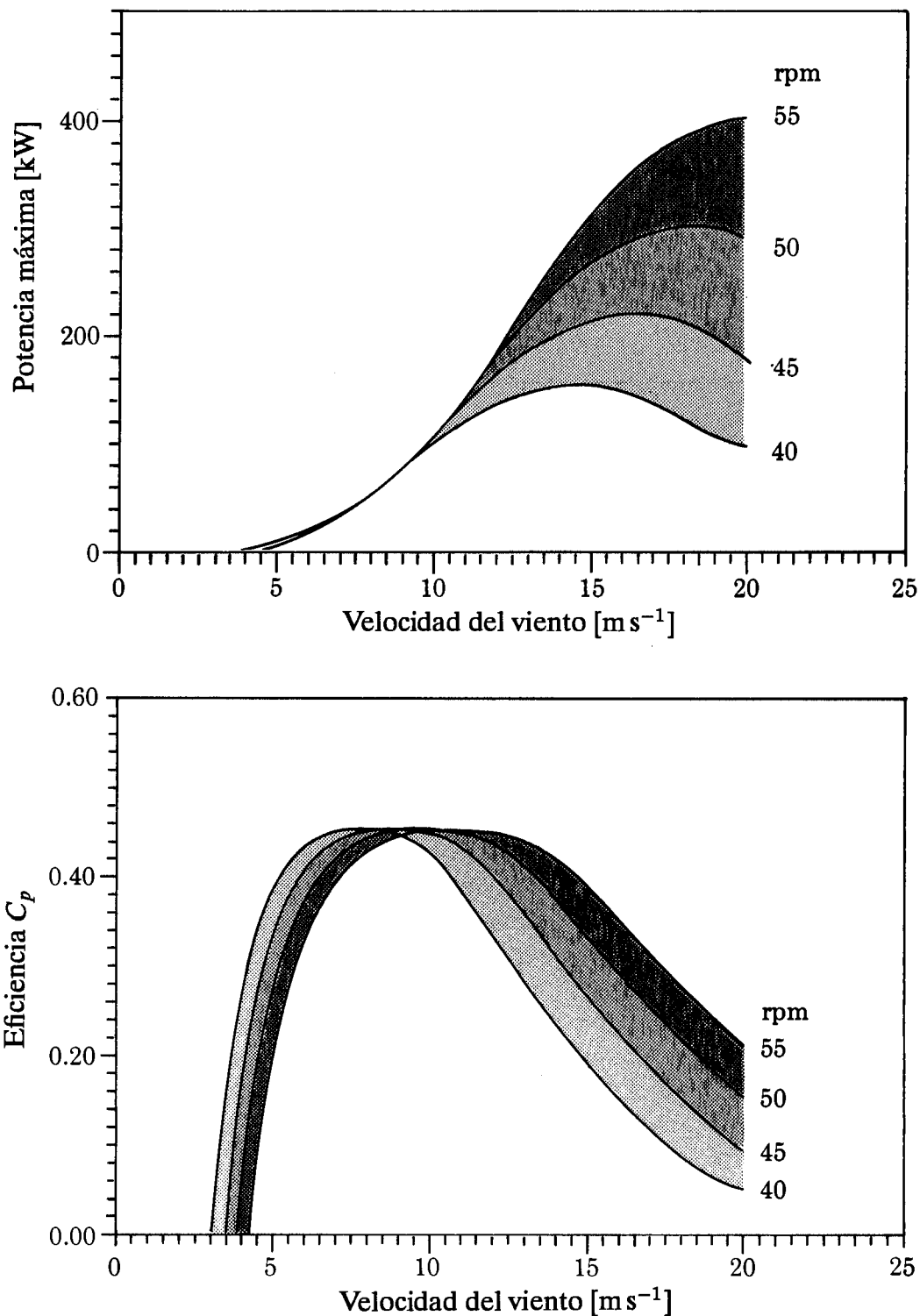
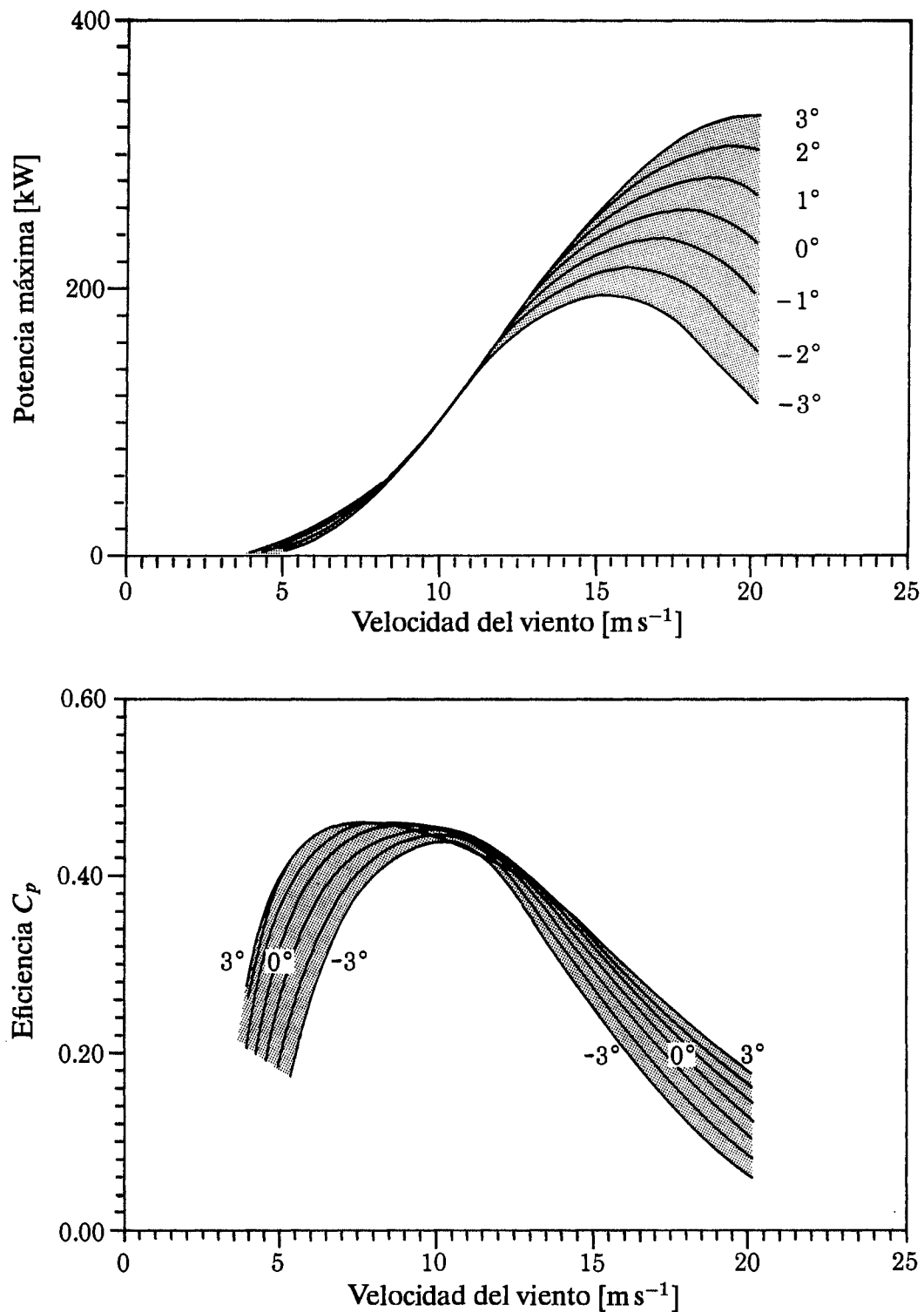


Figura 6.5. El efecto en la producción de energía de los cambios de la velocidad de rotación (rpm: revoluciones por minuto). El aerogenerador es de regulación por pérdida aerodinámica con una altura de buje de 30 m y un diámetro de rotor de 23 m. El ángulo de paso en las palas es de 0 grados. La figura superior muestra las curvas de potencia aerodinámica; la inferior las curvas de eficiencia aerodinámica.



*Figura 6.6. El efecto en la producción de potencia debido a los cambios del ángulo de paso en las palas  $\theta$  [°]. El aerogenerador es de regulación por pérdida aerodinámica con una altura de buje de 30 m y un diámetro de rotor de 23 m. La velocidad de rotación es de 47.5 rpm. La figura superior muestra las curvas de potencia aerodinámica; la inferior las curvas de eficiencia aerodinámica.*

La producción anual de energía dada por distintas curvas de potencia se calcula a partir de la Ec. 6.1. La producción anual de energía (sin pérdidas en el sistema de transmisión) por el aerogenerador en su diseño de configuración se da en la Tabla 6.1 para tres climas eólicos distintos.

*Tabla 6.1. Producción anual de energía para tres climas eólicos distintos, ángulo de paso de 0 grados, velocidad de rotación de 47.5 rpm.*

| <i>A</i><br>ms <sup>-1</sup> | <i>k</i> | Prod. anual ener.<br>MWh |
|------------------------------|----------|--------------------------|
| 6.0                          | 1.9      | 251                      |
| 7.5                          | 1.9      | 454                      |
| 9.0                          | 1.9      | 666                      |

Las variaciones en la producción anual de energía debidas a cambios en el ángulo de paso y la velocidad de rotación se enseñan en la Fig. 6.7. Como puede observarse, si el régimen de vientos es débil son pocas las ganancias que se consiguen, mientras que para vientos fuertes la ganancia es importante.

Los ajustes tienen consecuencias en la carga del aerogenerador. La Figura 6.8 muestra el empuje desde el rotor del aerogenerador hasta la torre en función de la velocidad del viento. Notar como un cambio en la velocidad de rotación afecta especialmente al empuje. Modificaciones en el diseño de configuración deben ir acompañadas de una verificación de la solidez de la estructura y posiblemente de un reforzamiento de las palas, etc. Así pues, la optimización de un aerogenerador para un determinado clima eólico es una optimización económica en donde, las mejoras en la producción anual de energía deben valorarse en función del coste de los cambios estructurales, de un generador y un multiplicador más grandes, etc.

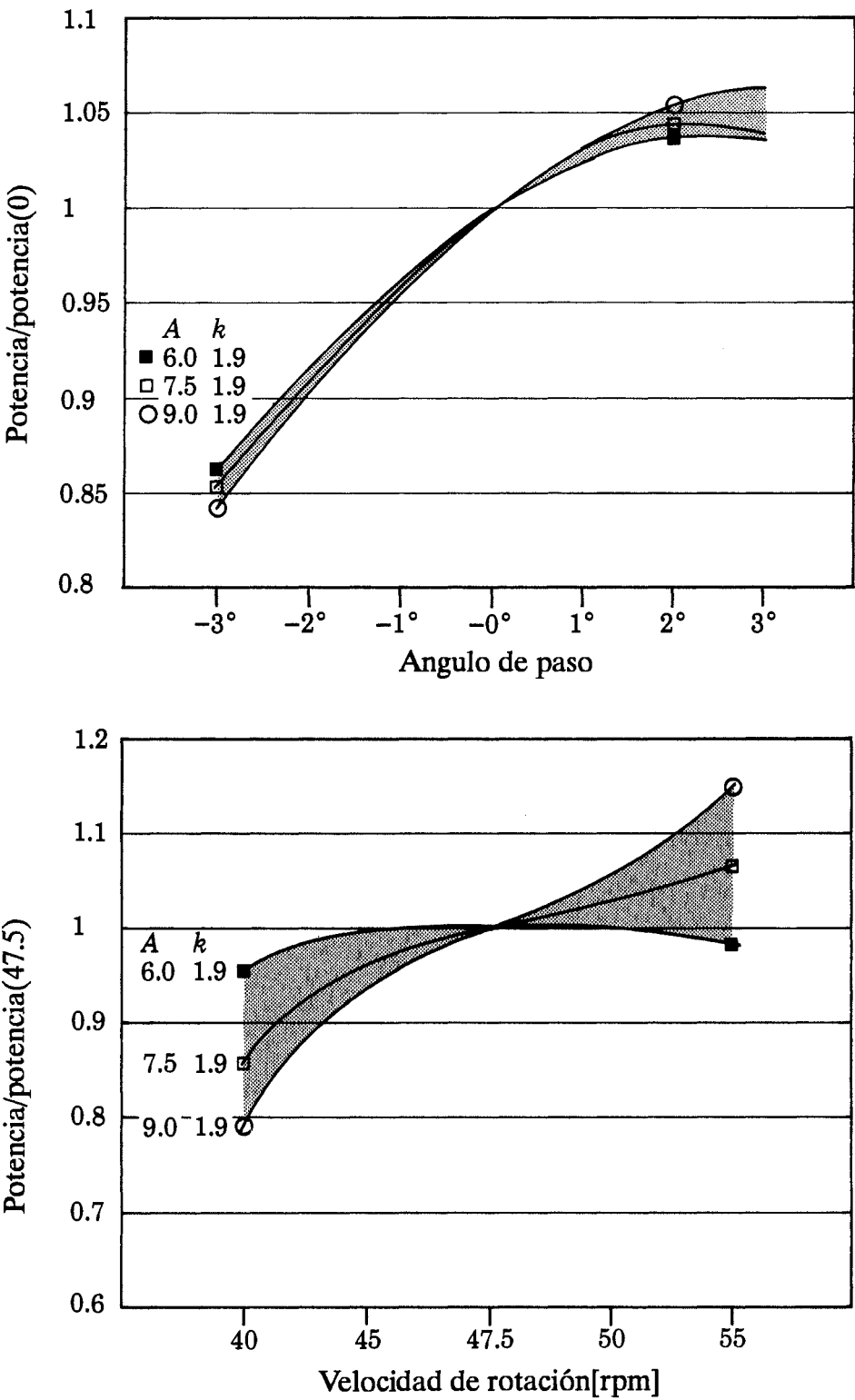


Figura 6.7. Variación de la producción de potencia por cambios en el ángulo de paso (figura superior) y en la velocidad de rotación (figura inferior). El aerogenerador es el mismo que en las Figs. 6.5 y 6.6. La producción de potencia se muestra para tres climas eólicos distintos dados por tres series distintas de parámetros de Weibull  $A$  y  $k$ .

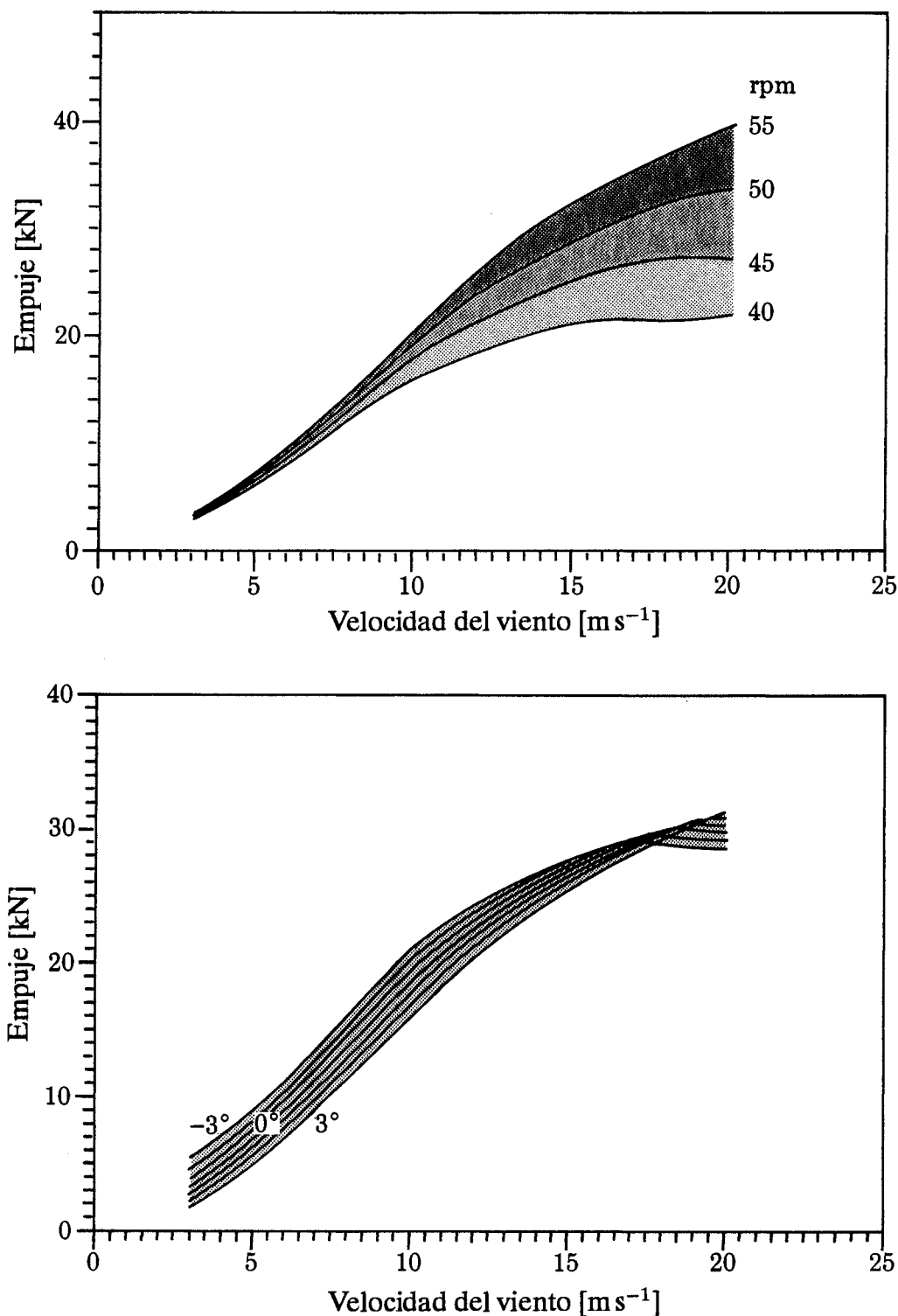


Figura 6.8. Carga en un aerogenerador como función de la velocidad del viento, para distintas velocidades del rotor y ángulos de paso distintos. El aerogenerador es el mismo que el de las Figs. 6.5 y 6.6. La figura superior muestra el empuje para velocidades del rotor variantes y un ángulo de paso fijo de  $0^\circ$ . La figura inferior muestra el empuje para ángulos de paso variables y un velocidad de rotación fija a 47.5 rpm.

# Capítulo 7

## Estadísticas y climatologías de las estaciones

En este capítulo se presentan, por medio de tablas y gráficas, los datos climatológicos para las estaciones meteorológicas utilizadas. Para cada estación, las tablas dan la climatología eólica calculada *representativa de la región*, obtenida a partir de los datos de la estación aplicando el análisis del Atlas Eólico, junto con el resumen de los datos básicos y las condiciones de medida. Los datos básicos y algunas cantidades que de ellos se derivan se muestran también gráficamente en las huellas de la climatología eólica al final de la sección de cada país.

Los países se presentan a lo largo del capítulo por orden alfabético, viz.

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| 1. Bélgica   | 7. Italia       |
| 2. Dinamarca | 8. Luxemburgo   |
| 3. Francia   | 9. Países Bajos |
| 4. Alemania  | 10. Portugal    |
| 5. Grecia    | 11. España      |
| 6. Irlanda   | 12. Reino Unido |

y las estaciones dentro de cada país siguen también un orden alfabético. El resumen de cada estación se presenta en una doble hoja; en la hoja de la izquierda se encuentra:

- una descripción de la estación
- un resumen de los datos básicos

y en la de la derecha

- los parámetros de Weibull calculados para la región
- las velocidades y energías medias calculadas para la región

La presentación de los datos se explica con todo detalle en las secciones siguientes.



## 7.1 Descripción de la estación y tablas estadísticas

### Descripción de la estación

La descripción de la estación consta de una descripción geográfica del lugar, una descripción del emplazamiento de la estación y su entorno, y una rosa de las rugosidades de la estación.

**Nombre de la estación** Los nombres de las estaciones son los que tienen en el país en que se encuentran y así se han conservado.

**Coordenadas geográficas** La latitud y la longitud de cada estación se dan en grados, minutos y segundos – generalmente al minuto entero más próximo. En la Tabla 7.1 se da una lista de las coordenadas geográficas de todas las estaciones.

**Coordenadas UTM** Las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) consisten en el número de zona UTM y la distancia norte y este al borde de la zona en metros. Estas coordenadas se han calculado como las coordenadas UTM que coinciden exactamente con las geográficas dadas. Así, la resolución de estas coordenadas *no* se deriva de la localización real de la estación. Geodetic datum: European Datum 1950.

**Altitud** La altitud de la estación se da en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.).

**Descripción de la estación** Se da una descripción global del entorno de la estación especificando, por ejemplo, las características más relevantes del terreno como la distancia al mar, lagos, ríos, bosques, montañas, etc. Se mencionan también los obstáculos existentes en los alrededores del anemómetro así como también cualquier tipo de información que pueda ser útil en el momento de interpretar los datos estadísticos.

**Rosa de las rugosidades** Es una lista de los parámetros de aspereza [m] correspondientes al terreno circundante dividido en doce sectores de 30°. Se dan también las distancias al cambio de rugosidad y el nuevo valor que toma el parámetro para cada sector. Se dan además, en una tabla aparte de la rosa, los factores de corrección para la velocidad del viento y los ángulos de corrección de la dirección del viento – debidos al efecto de resguardo de obstáculos y de desviación orográfica – usados para el cálculo de las tablas en el Atlas Eólico. Si la estación ha sido corregida únicamente por efectos de resguardo, no hay correcciones para la dirección del viento.

### Resumen de los datos básicos

**Distribución de las medidas del viento** Esta tabla da la distribución por sectores de las medidas básicas de la velocidad del viento y la distribución de las velocidades en cada sector. La frecuencia con que aparecen los vientos en cada sector se da en tanto por ciento, mientras que la distribución de las velocidades dentro de cada sector se da en tanto por mil (decenas de tanto por ciento), es decir, cada sector está

normalizado a 1000. La tabla corresponde a la altura del anemómetro en metros por encima del nivel del suelo y el período de medidas está escrito encima de la tabla. El formato con que se da el período es AñMeDíHo, así, por ejemplo, 83123121 se refiere al día 31 de Diciembre de 1983 a las 21:00 horas.

Se ha buscado la función de distribución de Weibull que ajusta la distribución de velocidades para cada sector. Los parámetros de Weibull  $A$  [ $\text{m s}^{-1}$ ] y  $k$  que resultan se dan en las dos últimas columnas de la tabla.

**Variaciones diarias y anuales de la velocidad del viento** Esta tabla da la velocidad media del viento como función de la hora del día y del mes del año. La hora se da en Coordenadas de Tiempo Universal (UTC), equivalente a las GTM.

## Climatología regional y valores medios

**Las tablas del Atlas Eólico** Estas tablas dan los parámetros de Weibull  $A$ - y  $k$ -calculados para 12 sectores, 5 alturas y 4 clases de rugosidad. Además, la distribución de velocidades por sectores se da en tanto por ciento para cada clase de rugosidad. El parámetro  $A$  de Weibull se da en [ $\text{m s}^{-1}$ ].

**Valores estimados de la velocidad media del viento y de la potencia media** La última tabla en la página de la derecha da la velocidad media estimada (calculada) en [ $\text{m s}^{-1}$ ] y la potencia media total del viento en [ $\text{W m}^{-2}$ ] para cada una de las cinco alturas de referencia y las cuatro clases de rugosidad. Estas han sido calculadas a partir de los parámetros de Weibull de las tablas del Atlas Eólico.

## 7.2 Las huellas climatológicas del viento

Las representaciones gráficas de los datos del viento al final de cada sección nacional, pretenden dar una visión general de los datos de viento usados en el Atlas. La primera línea da el nombre meteorológico de la estación, el país, y el período de recogida de los datos. A ésta le siguen la altura por encima de la superficie en donde se han hecho las medidas, el valor medio, la desviación típica y el valor medio del cubo de las velocidades del viento medidas. La representación gráfica consiste en cinco gráficas:

**El año medio** En la parte superior izquierda, la gráfica corresponde a la variación estacional media de la velocidad del viento (línea continua) y a la del cubo de la velocidad del viento (línea discontinua). Se han promediado todos los datos correspondientes al mismo mes del calendario y los resultados se han dibujado en el punto medio de cada uno de los intervalos mensuales señalados. Las unidades del eje de ordenadas son  $\text{m s}^{-1}$  para el caso del valor medio de la velocidad del viento y  $\text{m}^3\text{s}^{-3}$  para el valor medio del cubo de la velocidad del viento. Los valores que se leen de la gráfica hay que multiplicarlos por el factor de escala que se señala a la derecha. Las curvas continuas se han obtenido por interpolación, usando un spline cúbico.

Los datos de las velocidades del viento se encuentran también en las tablas de las páginas de descripción de las estaciones.

**El día medio** En la parte superior derecha, la gráfica representa la variación media diaria de las velocidades del viento medidas para los meses de Enero y Julio. La variación horaria promedio de la velocidad del viento en los meses de Enero y Julio, corresponde a la línea continua, y la del cubo de la velocidad del viento corresponde a la línea discontinua. El cálculo se ha hecho promediando los datos correspondientes a todos los meses de Enero (Julio) a la misma hora del día. Los resultados se han obtenido para cada una de las horas de referencia (UTC) y se han dibujado interpolando los datos intermedios con un spline cúbico. La ordenada media para cada curva, es idéntica a la ordenada en la curva del año medio correspondiente (gráfica superior izquierda) al punto del mes de Enero (Julio). Las unidades en el eje de ordenadas son de  $\text{m s}^{-1}$  para el caso del valor medio de la velocidad y de  $\text{m}^3\text{s}^{-3}$  para el valor medio del cubo de la velocidad. Los valores que se leen en la gráfica deben multiplicarse por el factor de escala que se da a la izquierda. Se han calculado días promedio para cada mes del calendario y se ha definido, para cada mes, un día promedio o de referencia para calcular el espectro que encierra. Los valores de las velocidades se encuentran en las tablas de la descripción de las estaciones.

**La rosa de los vientos** En la gráfica central izquierda, se muestran las frecuencias relativas de los vientos provenientes de cada uno de los doce sectores, y se hace por una extensión radial de los segmentos del círculo que corresponden a cada sector (línea delgada). La contribución de cada sector a la velocidad total media se señala por segmentos más estrechos, y la contribución a la velocidad al cubo media la dan los segmentos aún más estrechos del centro. Para cada cantidad, la normalización es de tal forma que el segmento más amplio se extiende hasta el círculo exterior punteado. Los valores correspondientes para cada una de las tres cantidades, se dan en el rectángulo pequeño en tanto por ciento (redondeando los valores al entero más próximo). El círculo interior punteado corresponde a la mitad de este valor.

**El espectro** En la parte central derecha, se muestra en una línea continua, la contribución a la varianza total de la velocidad del viento para un determinado intervalo de períodos. La escala vertical se ha ajustado arbitrariamente al centro de la curva. La abscisa da los períodos en escala logarítmica. La curva se ha calculado a partir de la serie temporal total, habiendo previamente sustraído a cada uno de los datos, hora a hora, el valor del día promedio mensual. El día promedio mensual se ha calculado para los doce meses tal y como se ha descrito anteriormente para los meses de Enero y Julio. Los días promedios, en este contexto, están considerados determinísticos en contraposición a las series temporales de las desviaciones que forman la parte estocástica. Se realiza seguidamente una transformada de Fourier de las desviaciones y la estimación espectral es elevada al cuadrado y promediada en bloques de igual anchura correspondientes a las anchuras de los escalones de la curva.

La columna vertical continua en la parte izquierda de la gráfica, indica la contribución a la desviación típica de la velocidad del viento en el conjunto global de los datos, para los períodos que quedan englobados en un año. Esto se calcula como la desviación típica del *año promedio* (parte superior izquierda). La columna vertical

discontinua representa también la contribución media anual a la desviación típica del cubo de la velocidad. Las unidades son tantos por ciento de la desviación típica total de los datos. Igualmente, las columnas de la parte derecha de la gráfica dan las contribuciones a la desviación típica de la velocidad y del cubo de la velocidad para los períodos englobados en un día, es decir, 24, 12, 8 y 6 horas en este caso concreto de datos trihorarios. Los números que aparecen en la esquina superior izquierda de la gráfica corresponden a la contribución a la desviación típica total en tanto por ciento de las variaciones aleatorias contenidas en el espectro de la varianza, dividido entre las partes con períodos superiores a un año, períodos entre un año y un día, y períodos inferiores a un día (la suma de los cuadrados de las contribuciones de las tres partes aleatorias junto con las contribuciones de las medias anuales y diarias determinísticas, vale la unidad). Los números en el pequeño rectángulo debajo de la gráfica dan la desviación típica relativa para la velocidad del viento y para el cubo de la velocidad en el día promedio del mes de Enero (los dos primeros números) y del día promedio del mes de Julio (los dos últimos números).

**La impresión temporal** En la gráfica inferior se ha representado la desviación relativa mes a mes de las medias mensuales. Para cada mes se ha calculado la velocidad media y la media de la velocidad al cubo y se le resta el valor esperado del mes del calendario correspondiente en el *año promedio* (gráfica superior izquierda). La desviación relativa se muestra por líneas dentadas – la línea continua corresponde a la velocidad del viento y la discontinua al cubo de la velocidad. La curva continua más suave muestra la desviación relativa año a año de la velocidad media del viento respecto al valor medio total. Cada punto de la curva da la desviación relativa en el período que se extiende medio año por delante y por detrás (bloques medios centrados). El valor central para cada año del calendario da pues la desviación para este año en concreto. Los círculos abiertos muestran igualmente la desviación del cubo de la velocidad del viento para cada año del calendario. Los números de la derecha dan el valor de la raíz cuadrática media de las desviaciones del año del calendario en tanto por ciento para la velocidad (número inferior) y para el cubo de la velocidad (número superior). La escala vertical es lineal desde  $-1$  hasta  $+1$ , y se dobla en  $+1$  hacia una escala lineal más burda que se ha ajustado para acomodar las desviaciones mayores.

### 7.3 Estadísticas y climatologías de las estaciones

Las 190 estaciones meteorológicas con observaciones de superficie que se han usado en el Atlas Eólico se listan en la Tabla 7.1. Se dan para cada estación la localización geográfica y el período en el que se dispone de los datos de viento. En las dos últimas columnas de la tabla se dan las páginas en que se encuentran las tablas y las huellas climatológicas de cada estación. Son 175 las estaciones de las que se dan ambas informaciones, las tablas y las huellas; para 3 otras estaciones se dan únicamente tablas y para las 12 restantes, sólo las huellas.

En la Tabla 7.2 aparece un listado de las 29 estaciones de radiosonda utilizadas. Para cada una se informa de la localización geográfica, de la altitud de observación y del período en el cuál se dispone de los datos. Los datos procedentes de las estaciones de radiosonda sólo se presentan con tablas. En la Tabla 7.3 se resumen las distribuciones de las velocidades del viento observadas.

*Tabla 7.1. Estaciones meteorológicas con observaciones de superficie usadas en el Atlas Eólico. Los países de la CE están ordenados alfabéticamente, al igual que las estaciones dentro de cada país.*

|                   | Latitud   | Longitud  | Alt.<br>[m] | Período | Tabla<br>pág | Gráf<br>pág |
|-------------------|-----------|-----------|-------------|---------|--------------|-------------|
| <b>Bélgica</b>    |           |           |             |         |              |             |
| Florennes         | 50° 14' N | 04° 39' E | 280         | 1975–81 | 118          | 128         |
| Melsbroek         | 50° 54' N | 04° 28' E | 36          | 1970–79 | 120          | 128         |
| Middelkerke       | 51° 12' N | 02° 52' E | 4           | 1972–81 | 122          | 128         |
| Saint Hubert      | 50° 02' N | 05° 24' E | 556         | 1971–80 | 124          | 129         |
| Spa               | 50° 29' N | 05° 55' E | 573         | 1971–80 | 126          | 129         |
| <b>Dinamarca</b>  |           |           |             |         |              |             |
| Ålborg            | 57° 06' N | 09° 52' E | 3           | 1965–72 | 130          | 148         |
| Beldringe         | 55° 29' N | 10° 20' E | 17          | 1972–79 | 132          | 148         |
| Horns Rev Fyrskib | 55° 24' N | 07° 34' E | 0           | 1962–80 | 134          | 148         |
| Karup             | 56° 17' N | 09° 08' E | 52          | 1971–79 | 136          | 149         |
| Kastrup           | 55° 38' N | 12° 40' E | 5           | 1965–72 | 138          | 149         |
| Rønne             | 55° 04' N | 14° 45' E | 16          | 1972–79 | 140          | 149         |
| Skrydstrup        | 55° 14' N | 09° 16' E | 40          | 1971–79 | 142          | 150         |
| Tirstrup          | 56° 18' N | 10° 37' E | 25          | 1971–79 | 144          | 150         |
| Værløse           | 55° 46' N | 12° 19' E | 19          | 1972–79 | 146          | 150         |
| <b>Francia</b>    |           |           |             |         |              |             |
| Abbeville         | 50° 08' N | 01° 50' E | 77          | 1970–78 | 152          | 216         |
| Aurillac          | 44° 53' N | 02° 25' E | 639         | 1979–85 | 154          | 216         |
| Avord             | 47° 03' N | 02° 39' E | 179         | 1972–78 | 156          | 216         |
| Bordeaux          | 44° 50' N | 00° 42' E | 51          | 1970–79 | 158          | 216         |
| Brest             | 48° 27' N | 04° 25' W | 103         | 1970–79 | 160          | 217         |
| Caen              | 49° 11' N | 00° 27' E | 67          | 1972–79 | 162          | 217         |
| Cambrai           | 50° 13' N | 03° 09' E | 77          | 1970–79 | 164          | 217         |
| Carcassonne       | 43° 13' N | 02° 19' E | 130         | 1973–78 | 166          | 217         |
| Cherbourg         | 49° 39' N | 01° 28' W | 138         | 1970–78 | 168          | 218         |
| Clermont-Ferrand  | 45° 47' N | 03° 10' E | 332         | 1976–85 | 170          | 218         |
| Dinard            | 48° 35' N | 02° 04' W | 59          | 1970–79 | 172          | 218         |
| Evreux            | 49° 01' N | 01° 13' E | 146         | 1970–79 | 174          | 218         |
| Gourdon           | 44° 45' N | 01° 24' E | 261         | 1970–79 | 176          | 219         |
| Istres            | 43° 31' N | 04° 56' E | 24          | 1970–79 | 178          | 219         |
| Le Puy Chadrac    | 45° 03' N | 03° 54' E | 715         | 1976–82 | 180          | 219         |
| Limoges           | 45° 52' N | 01° 11' E | 402         | 1973–79 | 182          | 219         |

|                       |           |           |      |         |     |     |
|-----------------------|-----------|-----------|------|---------|-----|-----|
| Lorient               | 47° 46' N | 03° 27' W | 44   | 1970-78 | 184 | 220 |
| Lyon                  | 45° 43' N | 04° 57' E | 201  | 1970-79 | 186 | 220 |
| Millau                | 44° 07' N | 03° 01' E | 720  | 1970-79 | 188 | 220 |
| Mont Aigoual          | 44° 07' N | 03° 35' E | 1565 | 1970-79 | 190 | 220 |
| Mont de Marsan        | 43° 55' N | 00° 30' E | 63   | 1970-79 | 192 | 221 |
| Nantes                | 47° 10' N | 01° 37' W | 27   | 1970-79 | 194 | 221 |
| Nîmes                 | 43° 45' N | 04° 25' E | 96   | 1970-79 | 196 | 221 |
| Orléans               | 47° 59' N | 01° 45' E | 125  | 1970-79 | 198 | 221 |
| Perpignan             | 42° 44' N | 02° 52' E | 48   | 1972-78 | 200 | 222 |
| Poitiers              | 46° 35' N | 00° 19' E | 120  | 1970-78 | 202 | 222 |
| Reims                 | 49° 18' N | 04° 02' E | 99   | 1970-78 | 204 | 222 |
| Saint Etienne         | 45° 32' N | 04° 18' E | 402  | 1975-84 | 206 | 222 |
| Saint Yan             | 46° 25' N | 04° 01' E | 244  | 1975-84 | 208 | 223 |
| Toul                  | 48° 47' N | 05° 59' E | 298  | 1975-79 | 210 | 223 |
| Toulouse              | 43° 32' N | 01° 22' E | 166  | 1970-79 | 212 | 223 |
| Vichy                 | 46° 10' N | 03° 24' E | 251  | 1977-85 | 214 | 223 |
| <b>Alemania (FRG)</b> |           |           |      |         |     |     |
| Berlin                | 52° 28' N | 13° 24' E | 48   | 1971-80 | 224 | 254 |
| Braunschweig          | 52° 18' N | 10° 27' E | 81   | 1973-81 | 226 | 254 |
| Bremen                | 53° 03' N | 08° 47' E | 3    | 1970-79 | 228 | 254 |
| Düsseldorf            | 51° 17' N | 06° 47' E | 37   | 1970-79 | 230 | 254 |
| Frankfurt             | 50° 02' N | 08° 36' E | 111  | 1971-80 | 232 | 255 |
| Hamburg               | 53° 38' N | 09° 59' E | 13   | 1970-79 | 234 | 255 |
| Hannover              | 52° 27' N | 09° 42' E | 51   | 1970-79 | 236 | 255 |
| Helgoland             | 54° 11' N | 07° 54' E | 4    | 1971-80 | 238 | 255 |
| Hof-Hohensaas         | 50° 19' N | 11° 53' E | 567  | 1971-80 | 240 | 256 |
| List/Sylt             | 55° 01' N | 08° 25' E | 26   | 1971-80 | 242 | 256 |
| München               | 48° 08' N | 11° 43' E | 527  | 1970-79 | 244 | 256 |
| Nürnberg              | 49° 30' N | 11° 05' E | 310  | 1971-80 | 246 | 256 |
| Saarbrücken           | 49° 13' N | 07° 07' E | 323  | 1971-80 | 248 | 257 |
| Stuttgart             | 48° 41' N | 09° 13' E | 373  | 1972-81 | 250 | 257 |
| Weißenburg            | 49° 01' N | 10° 58' E | 422  | 1971-80 | 252 | 257 |
| <b>Grecia</b>         |           |           |      |         |     |     |
| Araxos                | 38° 13' N | 21° 22' E | 15   | 1974-75 | 258 | —   |
| Athina                | 37° 54' N | 23° 44' E | 28   | 1974-83 | 260 | 278 |
| Chios                 | 38° 22' N | 26° 08' E | 5    | 1974-83 | —   | 278 |
| Heraklion             | 35° 20' N | 25° 08' E | 37   | 1974-83 | 262 | 278 |
| Kerkyra               | 39° 37' N | 19° 55' E | 2    | 1974-83 | 264 | 278 |
| Limnos (Agio Sozon)   | 39° 29' N | 25° 13' E | 47   | 1986-87 | 266 | —   |
| Limnos (Airport)      | 40° 06' N | 24° 30' E | 5    | 1974-75 | 268 | —   |
| Methoni               | 36° 49' N | 21° 42' E | 33   | 1974-83 | —   | 279 |
| Milos                 | 36° 45' N | 24° 26' E | 182  | 1974-83 | —   | 279 |
| Mytilini              | 39° 06' N | 26° 33' E | 17   | 1974-83 | 270 | 279 |
| Naxos                 | 37° 00' N | 25° 23' E | 9    | 1974-83 | 272 | 280 |
| Rodos                 | 36° 23' N | 28° 07' E | 4    | 1974-83 | 274 | 280 |
| Thessaloniki          | 40° 31' N | 22° 58' E | 8    | 1974-83 | 276 | 280 |

**Irlanda**

|              |           |           |     |         |     |     |
|--------------|-----------|-----------|-----|---------|-----|-----|
| Belmullet    | 54° 14' N | 10° 00' W | 9   | 1966–75 | 282 | 302 |
| Claremorris  | 53° 43' N | 08° 59' W | 69  | 1967–77 | 284 | 302 |
| Cork         | 51° 51' N | 08° 29' W | 162 | 1970–79 | 286 | 302 |
| Dublin       | 53° 26' N | 06° 15' W | 65  | 1970–79 | 288 | 302 |
| Kilkenny     | 52° 40' N | 07° 16' W | 63  | 1970–79 | 290 | 303 |
| Malin Head   | 55° 22' N | 07° 20' W | 24  | 1970–79 | 292 | 303 |
| Mullingar    | 53° 32' N | 07° 21' W | 101 | 1974–83 | 294 | 303 |
| Roches Point | 51° 48' N | 08° 15' W | 40  | 1970–79 | 296 | 304 |
| Shannon      | 52° 41' N | 08° 55' W | 8   | 1970–79 | 298 | 304 |
| Valentia     | 51° 56' N | 10° 15' W | 18  | 1970–79 | 300 | 304 |

**Italia**

|                 |           |           |      |         |     |     |
|-----------------|-----------|-----------|------|---------|-----|-----|
| Alghero         | 40° 38' N | 08° 17' E | 40   | 1960–69 | 306 | 360 |
| Bolzano         | 46° 28' N | 11° 20' E | 241  | 1966–75 | 308 | 360 |
| Brindisi        | 40° 39' N | 17° 57' E | 15   | 1965–75 | 310 | 360 |
| Cagliari        | 39° 15' N | 09° 03' E | 18   | 1951–70 | 312 | 360 |
| Campeda         | 40° 21' N | 08° 45' E | 660  | 1980–86 | 314 | 361 |
| Campo Marino    | 41° 56' N | 15° 01' E | 100  | 1985–88 | —   | 361 |
| Campolieto      | 41° 37' N | 14° 47' E | 970  | 1985–88 | —   | 361 |
| Capo Bellavista | 32° 56' N | 09° 43' E | 138  | 1960–69 | 316 | 361 |
| Capo Palinuro   | 40° 01' N | 15° 17' E | 184  | 1960–69 | 318 | 362 |
| Capo Sandalo    | 39° 09' N | 08° 14' E | 100  | 1981–86 | 320 | 362 |
| Capracotta      | 41° 50' N | 14° 15' E | 1370 | 1984–88 | —   | 362 |
| Cingoli         | 43° 23' N | 13° 12' E | 815  | 1984–88 | —   | 362 |
| Cirras          | 39° 49' N | 08° 34' E | 5    | 1980–85 | 322 | 363 |
| Fiume Santo     | 40° 51' N | 08° 18' E | 50   | 1981–85 | 324 | 363 |
| Frosolone       | 41° 36' N | 14° 27' E | 1360 | 1984–88 | —   | 363 |
| Gioia del Colle | 40° 41' N | 16° 56' E | 350  | 1965–75 | 326 | 363 |
| Grosseto        | 42° 45' N | 11° 04' E | 7    | 1965–75 | 328 | 364 |
| Le Porte        | 42° 21' N | 10° 55' E | 380  | 1983–87 | 330 | 364 |
| Lecce Galatina  | 40° 14' N | 18° 09' E | 48   | 1965–75 | 332 | 364 |
| Macerata        | 43° 18' N | 13° 27' E | 350  | 1984–88 | —   | 364 |
| Mazara          | 37° 40' N | 12° 35' E | 40   | 1983–87 | —   | 365 |
| Milano          | 45° 26' N | 09° 17' E | 103  | 1966–75 | 334 | 365 |
| Monte Arci      | 39° 45' N | 08° 48' E | 780  | 1980–85 | 336 | 365 |
| Nago            | 45° 50' N | 10° 54' E | 170  | 1984–87 | —   | 365 |
| Olbia           | 40° 56' N | 09° 30' E | 2    | 1959–68 | 338 | 366 |
| Pisa            | 43° 41' N | 10° 23' E | 2    | 1965–75 | 340 | 366 |
| Ponza           | 40° 55' N | 12° 57' E | 184  | 1965–74 | 342 | 366 |
| Salcito         | 41° 47' N | 14° 33' E | 890  | 1985–88 | —   | 366 |
| San Gavino      | 40° 32' N | 08° 47' E | 20   | 1979–85 | 344 | 367 |
| San Gilla       | 39° 13' N | 09° 06' E | 1    | 1980–85 | 346 | 367 |
| Santa Anna      | 39° 50' N | 08° 41' E | 40   | 1980–85 | 348 | 367 |
| Santa Caterina  | 39° 06' N | 08° 29' E | 1    | 1981–86 | 350 | 367 |
| Scopeto         | 42° 23' N | 10° 54' E | 180  | 1983–86 | 352 | 368 |
| Trapani         | 37° 55' N | 12° 30' E | 7    | 1970–75 | 354 | 368 |

|                     |           |           |     |         |     |     |
|---------------------|-----------|-----------|-----|---------|-----|-----|
| Unia                | 40° 50' N | 08° 20' E | 40  | 1979-85 | 356 | 369 |
| Uras                | 39° 42' N | 08° 42' E | 30  | 1979-81 | 358 | 369 |
| <b>Luxemburgo</b>   |           |           |     |         |     |     |
| Findel              | 49° 37' N | 06° 12' E | 376 | 1970-79 | 370 | 372 |
| <b>Países Bajos</b> |           |           |     |         |     |     |
| Eelde               | 53° 08' N | 06° 35' E | 5   | 1970-76 | 374 | 386 |
| Eindhoven           | 51° 27' N | 05° 25' E | 20  | 1970-76 | 376 | 386 |
| Leeuwarden          | 53° 13' N | 05° 46' E | 0   | 1970-76 | 378 | 386 |
| Schiphol            | 52° 18' N | 04° 46' E | -4  | 1970-76 | 380 | 387 |
| Terschelling        | 53° 21' N | 05° 11' E | 1   | 1970-76 | 382 | 387 |
| Texel Lichtschip    | 53° 01' N | 04° 22' E | 0   | 1970-76 | 384 | 387 |
| <b>Portugal</b>     |           |           |     |         |     |     |
| Beja                | 38° 01' N | 07° 52' W | 246 | 1971-80 | 388 | 418 |
| Bragança            | 41° 48' N | 06° 44' W | 691 | 1971-80 | 390 | 418 |
| Cabo Carvoeiro      | 39° 21' N | 09° 24' W | 32  | 1971-80 | 392 | 418 |
| Coimbra             | 40° 12' N | 08° 25' W | 141 | 1971-80 | 394 | 418 |
| Faro                | 37° 01' N | 07° 58' W | 8   | 1971-80 | 396 | 419 |
| Ferrel              | 39° 23' N | 09° 17' W | 20  | 1977-78 | 398 | 419 |
| Flores              | 39° 27' N | 31° 08' W | 28  | 1971-80 | 400 | 419 |
| Funchal             | 32° 41' N | 16° 46' W | 49  | 1971-80 | 402 | 419 |
| Lisboa              | 38° 47' N | 09° 08' W | 103 | 1971-80 | 404 | 420 |
| Porto               | 41° 14' N | 08° 41' W | 70  | 1971-80 | 406 | 420 |
| Porto Santo         | 33° 04' N | 16° 21' W | 78  | 1971-80 | 408 | 420 |
| Sagres              | 36° 59' N | 08° 57' W | 40  | 1971-80 | 410 | 420 |
| Santa Maria         | 36° 58' N | 25° 10' W | 100 | 1971-80 | 412 | 421 |
| Sines               | 37° 57' N | 08° 53' W | 15  | 1973-80 | 414 | 421 |
| Viana do Castelo    | 41° 42' N | 08° 48' W | 16  | 1971-80 | 416 | 421 |
| <b>España</b>       |           |           |     |         |     |     |
| Albacete            | 38° 56' N | 01° 51' W | 700 | 1972-82 | 106 | 158 |
| Alicante            | 38° 17' N | 00° 32' E | 30  | 1972-82 | 108 | 158 |
| Almería             | 36° 51' N | 02° 23' W | 20  | 1972-82 | 110 | 158 |
| Avilés              | 43° 33' N | 06° 02' W | 100 | 1972-82 | 112 | 158 |
| Badajoz             | 38° 53' N | 06° 50' W | 185 | 1972-82 | 114 | 159 |
| Barcelona           | 41° 18' N | 02° 05' E | 5   | 1972-85 | 116 | 159 |
| El Hierro           | 27° 49' N | 17° 53' W | 31  | 1973-82 | 118 | 159 |
| Fuerteventura       | 28° 27' N | 13° 51' W | 17  | 1972-82 | 120 | 159 |
| Gerona              | 41° 54' N | 02° 46' E | 128 | 1972-82 | 122 | 160 |
| Granada             | 37° 11' N | 03° 47' W | 569 | 1972-82 | 124 | 160 |
| La Coruña           | 43° 08' N | 08° 23' W | 97  | 1972-82 | 126 | 160 |
| Lanzarote           | 28° 56' N | 13° 37' W | 20  | 1972-82 | 128 | 160 |
| Las Palmas          | 27° 56' N | 15° 23' W | 24  | 1973-82 | 130 | 161 |
| Madrid              | 40° 25' N | 03° 41' W | 581 | 1972-85 | 132 | 161 |
| Málaga              | 36° 43' N | 04° 25' W | 7   | 1972-82 | 134 | 161 |



|                        |           |           |      |         |     |     |
|------------------------|-----------|-----------|------|---------|-----|-----|
| Menorca                | 39° 53' N | 04° 15' E | 82   | 1972-82 | 136 | 161 |
| Murcia                 | 37° 58' N | 01° 14' W | 75   | 1972-82 | 138 | 162 |
| Palma de Mallorca      | 39° 33' N | 02° 44' E | 4    | 1972-82 | 140 | 162 |
| Pamplona               | 42° 46' N | 01° 39' W | 454  | 1973-82 | 142 | 162 |
| Salamanca              | 40° 57' N | 05° 30' W | 790  | 1972-82 | 144 | 162 |
| Santiago de Compostela | 42° 56' N | 08° 26' W | 364  | 1972-82 | 146 | 163 |
| Sevilla                | 37° 25' N | 05° 54' W | 27   | 1972-82 | 148 | 163 |
| Tenerife (Los Rodeos)  | 28° 28' N | 16° 19' W | 605  | 1972-82 | 150 | 163 |
| Tenerife (Reina Sofía) | 28° 02' N | 16° 34' W | 72   | 1978-82 | 152 | 164 |
| Valencia               | 39° 07' N | 00° 28' E | 62   | 1972-82 | 154 | 164 |
| Zaragoza               | 41° 40' N | 01° 01' W | 247  | 1972-85 | 156 | 164 |
| <b>Reino Unido</b>     |           |           |      |         |     |     |
| Bala                   | 52° 54' N | 03° 35' W | 163  | 1975-82 | 482 | 526 |
| Benbecula              | 57° 28' N | 07° 22' W | 6    | 1970-81 | 484 | 526 |
| Birmingham             | 52° 27' N | 01° 44' W | 94   | 1970-81 | 486 | 526 |
| Blackpool              | 53° 46' N | 03° 02' W | 10   | 1972-82 | 488 | 526 |
| Bournemouth            | 50° 47' N | 01° 50' W | 10   | 1970-81 | 490 | 527 |
| Burrington             | 50° 56' N | 03° 59' W | 201  | 1977-82 | 492 | 527 |
| Cairngorm              | 57° 13' N | 03° 39' W | 1065 | 1970-80 | 494 | 527 |
| Castle Archdale        | 54° 28' N | 07° 42' W | 66   | 1971-81 | 496 | 527 |
| Coltishall             | 52° 45' N | 01° 21' E | 19   | 1971-80 | 498 | 528 |
| Duirinish              | 57° 32' N | 05° 41' W | 18   | 1970-80 | 500 | 528 |
| Dustaffnage            | 56° 28' N | 05° 26' W | 3    | 1971-80 | 502 | 528 |
| Eskdalemuir            | 55° 19' N | 03° 12' W | 249  | 1970-80 | 504 | 528 |
| Exeter                 | 50° 44' N | 03° 25' W | 31   | 1970-81 | 506 | 529 |
| Fort Augustus          | 57° 08' N | 04° 43' W | 42   | 1970-81 | 508 | 529 |
| London                 | 51° 28' N | 00° 28' E | 24   | 1973-82 | 510 | 529 |
| Lowther Hill           | 55° 23' N | 03° 45' E | 727  | 1974-82 | 512 | 529 |
| Manchester             | 53° 21' N | 02° 16' W | 70   | 1971-80 | 514 | 530 |
| Snaefell               | 54° 18' N | 04° 28' W | 615  | 1974-82 | 516 | 530 |
| Valley                 | 53° 15' N | 04° 32' W | 10   | 1971-80 | 518 | 530 |
| Waddington             | 53° 10' N | 00° 32' E | 70   | 1971-80 | 520 | 531 |
| Wick                   | 58° 30' N | 03° 06' E | 35   | 1971-80 | 522 | 531 |
| Yeovilton              | 51° 00' N | 02° 38' W | 17   | 1971-80 | 524 | 531 |

Tabla 7.2. Estaciones de radiosonda usadas en el Atlas Eólico. Los países de la CE ► están ordenados alfabéticamente, al igual que las estaciones dentro de cada país. Las altitudes se dan en milibares [mb] o en metros por encima del nivel del mar [m]. Los datos de Risø, Dinamarca, han sido deducidos a partir de observaciones superficiales de presión.

|                       | Latitud   | Longitud  | Alt.    | Período | Tabla<br>pág |
|-----------------------|-----------|-----------|---------|---------|--------------|
| <b>Bélgica</b>        |           |           |         |         |              |
| Ukkel                 | 50° 48' N | 04° 21' E | 850 mb  | 1968–80 | 533          |
| <b>Dinamarca</b>      |           |           |         |         |              |
| Risø                  | 55° 42' N | 12° 05' E | superf. | 1965–77 | 534          |
| <b>Francia</b>        |           |           |         |         |              |
| Ajaccio               | 41° 55' N | 08° 48' E | 1500 m  | 1961–74 | 535          |
| Bordeaux              | 44° 50' N | 00° 42' W | 1500 m  | 1961–74 | 536          |
| Brest                 | 48° 27' N | 04° 25' W | 1500 m  | 1961–74 | 537          |
| Lyon                  | 45° 44' N | 04° 57' E | 1500 m  | 1961–74 | 538          |
| Nancy                 | 48° 41' N | 06° 13' E | 1500 m  | 1961–74 | 539          |
| Nantes                | 47° 10' N | 01° 37' W | 1500 m  | 1962–75 | 540          |
| Nîmes                 | 43° 52' N | 04° 24' E | 1500 m  | 1961–74 | 541          |
| Toulouse              | 43° 38' N | 01° 22' E | 1500 m  | 1962–75 | 542          |
| Trappes               | 48° 46' N | 02° 01' E | 1500 m  | 1961–74 | 543          |
| <b>Alemania (FRG)</b> |           |           |         |         |              |
| Emden                 | 53° 21' N | 07° 13' E | 850 mb  | 1961–70 | 544          |
| Essen                 | 51° 24' N | 06° 58' E | 850 mb  | 1965–71 | 545          |
| Hannover              | 52° 28' N | 09° 42' E | 850 mb  | 1961–70 | 546          |
| München               | 48° 08' N | 11° 43' E | 850 mb  | 1961–70 | 547          |
| Schleswig             | 54° 32' N | 09° 33' E | 850 mb  | 1961–70 | 548          |
| Stuttgart             | 48° 50' N | 08° 12' E | 850 mb  | 1961–70 | 549          |
| <b>Grecia</b>         |           |           |         |         |              |
| Athina                | 37° 54' N | 23° 44' E | 850 mb  | 1974–84 | 550          |
| Heraklion             | 35° 20' N | 25° 11' E | 700 mb  | 1974–84 | 551          |
| <b>Irlanda</b>        |           |           |         |         |              |
| Valentia              | 51° 56' N | 10° 15' W | 850 mb  | 1970–79 | 552          |
| <b>Italia</b>         |           |           |         |         |              |
| Brindisi              | 40° 39' N | 17° 57' E | 850 mb  | 1967–73 | 553          |
| Cagliari              | 39° 15' N | 09° 03' E | 850 mb  | 1967–73 | 554          |
| Roma                  | 41° 48' N | 12° 14' E | 850 mb  | 1967–73 | 555          |
| Udine                 | 46° 02' N | 13° 11' E | 850 mb  | 1967–73 | 556          |
| <b>Reino Unido</b>    |           |           |         |         |              |
| Aughton               | 53° 33' N | 02° 55' W | 850 mb  | 1961–70 | 557          |
| Camborne              | 50° 13' N | 05° 19' W | 850 mb  | 1961–70 | 558          |
| Crawley               | 51° 05' N | 00° 13' W | 850 mb  | 1961–70 | 559          |
| Hemsby                | 52° 41' N | 01° 41' E | 850 mb  | 1961–70 | 560          |
| Lerwick               | 60° 01' N | 01° 11' W | 850 mb  | 1961–70 | 561          |
| Stornoway             | 58° 13' N | 06° 20' W | 850 mb  | 1961–70 | 562          |

Albacete

38° 56' 00" N    01° 51' 00" W                    UTM 30   E 599679 m   N 4310080 m                    700 m s.n.m.

Situada en la gran llanura de Los Llanos que está elevada a unos 600–800 m sobre el nivel del mar. La llanura está rodeada por las montañas de los Altos de Chinchilla – a más de 10 km al E de la estación – y por las estribaciones de la Sierra de Alcaraz – a más de 20 km al S de la estación.  
El anemómetro está situado cerca de las pistas del aeropuerto de la Base Aérea de Los Llanos, 4 km al S de la ciudad de Albacete. Los edificios más próximos aparecen en el sector NW a una distancia superior a 550 m.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 250  | 0.10 | 3500 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.01 | 500  | 0.10 | 2000 | 0.20 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 500  | 0.10 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 500  | 0.10 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 1500 | 0.10 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.01 | 2000 | 0.10 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.01 | 2000 | 0.10 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.01 | 2000 | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.01 | 3000 | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.01 | 2000 | 0.15 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.01 | 500  | 0.30 | 1000 | 0.20 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.01 | 250  | 0.10 | 2000 | 0.20 |    |     |    |     |    |     | -2   |      |

Altura del anemómetro: 5.7 m s.n.s. Período: 72060609–82123118

| Sect  | Frec  | <1  | 2 | 3  | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|---|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 4.3   | 652 | 7 | 23 | 93  | 52  | 66  | 44  | 19 | 22 | 15  | 4  | 0  | 3  | 0   | 2.0 | 0.86 |
| 30    | 4.2   | 685 | 2 | 50 | 108 | 43  | 31  | 25  | 25 | 5  | 24  | 0  | 1  | 1  | 0   | 1.6 | 0.79 |
| 60    | 5.3   | 561 | 4 | 49 | 102 | 81  | 60  | 59  | 15 | 16 | 33  | 3  | 2  | 9  | 6   | 3.0 | 0.99 |
| 90    | 5.3   | 495 | 3 | 44 | 90  | 92  | 68  | 62  | 41 | 22 | 60  | 7  | 3  | 5  | 6   | 3.8 | 1.13 |
| 120   | 9.0   | 301 | 9 | 46 | 113 | 144 | 124 | 96  | 49 | 50 | 56  | 4  | 4  | 5  | 0   | 5.2 | 1.77 |
| 150   | 12.7  | 229 | 4 | 67 | 132 | 138 | 140 | 97  | 70 | 42 | 67  | 9  | 2  | 3  | 0   | 5.5 | 1.90 |
| 180   | 10.9  | 263 | 6 | 47 | 120 | 110 | 119 | 122 | 66 | 60 | 72  | 6  | 3  | 4  | 2   | 5.6 | 1.84 |
| 210   | 3.9   | 744 | 2 | 15 | 65  | 49  | 45  | 17  | 22 | 13 | 22  | 2  | 3  | 1  | 0   | 1.1 | 0.67 |
| 240   | 5.1   | 494 | 1 | 22 | 102 | 88  | 58  | 47  | 32 | 26 | 89  | 21 | 3  | 8  | 8   | 4.1 | 1.12 |
| 270   | 15.0  | 203 | 3 | 34 | 73  | 88  | 109 | 101 | 79 | 60 | 160 | 38 | 10 | 27 | 13  | 7.3 | 1.65 |
| 300   | 14.7  | 196 | 1 | 46 | 94  | 102 | 130 | 112 | 88 | 76 | 112 | 17 | 8  | 11 | 8   | 6.7 | 1.79 |
| 330   | 9.6   | 256 | 3 | 56 | 125 | 107 | 129 | 98  | 71 | 47 | 81  | 16 | 5  | 4  | 2   | 5.7 | 1.74 |
| Tbtal | 100.0 | 336 | 4 | 45 | 103 | 101 | 105 | 88  | 59 | 46 | 82  | 14 | 5  | 9  | 5   | 5.3 | 1.47 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| 3   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| 6   | 1.9 | 3.0 | 2.8 | 2.7 | 2.3 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.1 | 2.4 | 2.1 | 3.9 | 2.4 |
| 9   | 2.9 | 4.1 | 4.5 | 4.5 | 4.3 | 3.9 | 3.9 | 3.8 | 3.2 | 4.1 | 2.7 | 3.4 | 3.8 |
| 12  | 5.3 | 6.6 | 6.2 | 5.8 | 5.4 | 4.5 | 4.7 | 4.4 | 4.5 | 5.5 | 5.1 | 5.5 | 5.3 |
| 15  | 5.9 | 7.1 | 6.9 | 6.1 | 6.0 | 5.7 | 5.6 | 4.9 | 5.0 | 6.0 | 5.0 | 6.2 | 5.8 |
| 18  | 4.1 | 5.1 | 5.8 | 5.8 | 6.2 | 6.1 | 6.4 | 6.2 | 5.1 | 4.4 | 3.2 | 5.6 | 5.6 |
| 21  | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| Día | 4.4 | 5.6 | 5.5 | 5.0 | 4.8 | 4.5 | 4.6 | 4.4 | 4.0 | 4.7 | 3.9 | 4.9 | 4.7 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Tbotal |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 10   | 7.1  | 3.1  | 4.3  | 5.7  | 7.8  | 8.4  | 8.5  | 6.3  | 5.3  | 10.6 | 11.1 | 10.2 | 8.3    |
|      | 1.50 | 0.94 | 1.04 | 1.19 | 1.88 | 2.24 | 2.19 | 1.55 | 1.11 | 1.69 | 1.87 | 1.94 | 1.55   |
| 25   | 7.8  | 3.4  | 4.8  | 6.2  | 8.5  | 9.1  | 9.3  | 6.9  | 5.8  | 11.6 | 12.1 | 11.1 | 9.0    |
|      | 1.52 | 0.96 | 1.05 | 1.20 | 1.93 | 2.30 | 2.25 | 1.60 | 1.12 | 1.71 | 1.88 | 1.97 | 1.57   |
| 50   | 8.4  | 3.7  | 5.1  | 6.7  | 9.1  | 9.8  | 9.9  | 7.4  | 6.2  | 12.3 | 12.8 | 11.8 | 9.7    |
|      | 1.56 | 0.99 | 1.08 | 1.23 | 1.98 | 2.37 | 2.31 | 1.64 | 1.14 | 1.73 | 1.91 | 2.01 | 1.60   |
| 100  | 8.9  | 3.9  | 5.5  | 7.1  | 9.8  | 10.6 | 10.7 | 8.0  | 6.6  | 13.1 | 13.6 | 12.6 | 10.4   |
|      | 1.54 | 0.96 | 1.06 | 1.21 | 1.94 | 2.30 | 2.25 | 1.60 | 1.13 | 1.73 | 1.91 | 1.99 | 1.60   |
| 200  | 9.6  | 4.2  | 5.8  | 7.6  | 10.7 | 11.6 | 11.8 | 8.7  | 7.1  | 14.0 | 14.6 | 13.6 | 11.2   |
|      | 1.49 | 0.93 | 1.03 | 1.19 | 1.85 | 2.19 | 2.15 | 1.52 | 1.11 | 1.70 | 1.88 | 1.94 | 1.57   |
| Frec | 6.0  | 4.2  | 4.9  | 5.3  | 7.8  | 11.5 | 11.5 | 6.1  | 4.8  | 11.9 | 14.7 | 11.3 | 100.0  |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Tbotal |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 10   | 3.4  | 1.9  | 3.3  | 4.2  | 5.6  | 5.8  | 6.0  | 2.4  | 4.2  | 7.9  | 8.0  | 6.9  | 5.8    |
|      | 1.04 | 0.80 | 0.98 | 1.11 | 1.74 | 1.92 | 1.87 | 0.90 | 1.09 | 1.64 | 1.77 | 1.75 | 1.40   |
| 25   | 4.1  | 2.3  | 3.9  | 4.9  | 6.6  | 7.0  | 7.1  | 2.9  | 5.0  | 9.2  | 9.3  | 8.1  | 6.8    |
|      | 1.08 | 0.85 | 1.01 | 1.15 | 1.85 | 2.05 | 1.99 | 0.94 | 1.12 | 1.67 | 1.81 | 1.81 | 1.45   |
| 50   | 4.8  | 2.7  | 4.5  | 5.7  | 7.6  | 8.0  | 8.1  | 3.5  | 5.7  | 10.3 | 10.4 | 9.2  | 7.8    |
|      | 1.15 | 0.92 | 1.07 | 1.21 | 2.05 | 2.28 | 2.18 | 1.02 | 1.17 | 1.72 | 1.87 | 1.90 | 1.52   |
| 100  | 5.6  | 3.3  | 5.2  | 6.5  | 9.0  | 9.4  | 9.5  | 4.1  | 6.5  | 11.5 | 11.7 | 10.4 | 8.9    |
|      | 1.24 | 0.98 | 1.14 | 1.29 | 2.19 | 2.44 | 2.34 | 1.08 | 1.25 | 1.81 | 1.99 | 2.04 | 1.63   |
| 200  | 6.5  | 3.9  | 6.0  | 7.5  | 10.9 | 11.6 | 11.6 | 4.9  | 7.4  | 12.9 | 13.2 | 12.0 | 10.5   |
|      | 1.20 | 0.94 | 1.11 | 1.25 | 2.10 | 2.33 | 2.25 | 1.04 | 1.22 | 1.79 | 1.95 | 1.98 | 1.62   |
| Frec | 4.8  | 4.2  | 5.2  | 5.3  | 8.7  | 12.4 | 11.1 | 4.5  | 5.0  | 14.1 | 14.6 | 10.1 | 100.0  |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.2  | 1.6  | 2.9  | 3.8  | 4.9  | 5.1  | 5.2  | 1.1  | 3.8  | 6.9  | 6.9  | 5.9  | 5.0   |
|      | 0.89 | 0.80 | 0.99 | 1.14 | 1.78 | 1.93 | 1.87 | 0.68 | 1.13 | 1.66 | 1.79 | 1.75 | 1.40  |
| 25   | 2.8  | 2.0  | 3.6  | 4.6  | 6.0  | 6.3  | 6.4  | 1.4  | 4.7  | 8.3  | 8.4  | 7.2  | 6.1   |
|      | 0.92 | 0.84 | 1.02 | 1.17 | 1.89 | 2.06 | 1.97 | 0.70 | 1.16 | 1.69 | 1.82 | 1.81 | 1.44  |
| 50   | 3.3  | 2.4  | 4.2  | 5.3  | 7.0  | 7.3  | 7.4  | 1.7  | 5.4  | 9.5  | 9.6  | 8.3  | 7.1   |
|      | 0.98 | 0.90 | 1.07 | 1.23 | 2.07 | 2.26 | 2.13 | 0.74 | 1.21 | 1.73 | 1.88 | 1.90 | 1.50  |
| 100  | 3.9  | 3.0  | 4.9  | 6.2  | 8.3  | 8.7  | 8.7  | 2.1  | 6.3  | 10.8 | 10.9 | 9.5  | 8.2   |
|      | 1.06 | 0.98 | 1.16 | 1.33 | 2.28 | 2.48 | 2.34 | 0.80 | 1.30 | 1.81 | 1.99 | 2.06 | 1.60  |
| 200  | 4.6  | 3.6  | 5.7  | 7.2  | 10.1 | 10.6 | 10.6 | 2.4  | 7.3  | 12.2 | 12.4 | 11.1 | 9.6   |
|      | 1.02 | 0.95 | 1.13 | 1.29 | 2.19 | 2.38 | 2.26 | 0.77 | 1.27 | 1.82 | 1.98 | 2.01 | 1.61  |
| Frec | 4.4  | 4.2  | 5.3  | 5.3  | 9.0  | 12.7 | 10.9 | 3.9  | 5.1  | 15.0 | 14.6 | 9.6  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Tbotal |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 10   | 1.6  | 1.4  | 2.4  | 3.1  | 3.9  | 4.0  | 4.0  | 1.2  | 3.7  | 5.4  | 5.4  | 4.5  | 3.9    |
|      | 0.87 | 0.82 | 1.01 | 1.23 | 1.83 | 1.94 | 1.82 | 0.76 | 1.26 | 1.69 | 1.81 | 1.72 | 1.41   |
| 25   | 2.2  | 1.8  | 3.1  | 4.1  | 5.1  | 5.3  | 5.3  | 1.6  | 4.8  | 7.0  | 7.0  | 5.9  | 5.2    |
|      | 0.90 | 0.85 | 1.04 | 1.26 | 1.93 | 2.04 | 1.91 | 0.77 | 1.28 | 1.72 | 1.84 | 1.77 | 1.45   |
| 50   | 2.6  | 2.3  | 3.7  | 4.9  | 6.1  | 6.3  | 6.3  | 2.0  | 5.6  | 8.3  | 8.3  | 7.0  | 6.2    |
|      | 0.94 | 0.90 | 1.08 | 1.31 | 2.08 | 2.20 | 2.04 | 0.81 | 1.32 | 1.76 | 1.89 | 1.84 | 1.51   |
| 100  | 3.2  | 2.8  | 4.5  | 5.8  | 7.3  | 7.6  | 7.5  | 2.4  | 6.6  | 9.6  | 9.6  | 8.2  | 7.3    |
|      | 1.02 | 0.99 | 1.15 | 1.42 | 2.37 | 2.50 | 2.30 | 0.87 | 1.39 | 1.83 | 1.98 | 1.98 | 1.60   |
| 200  | 3.8  | 3.3  | 5.3  | 6.9  | 8.9  | 9.2  | 9.1  | 2.8  | 7.7  | 11.1 | 11.1 | 9.7  | 8.6    |
|      | 1.01 | 0.98 | 1.16 | 1.42 | 2.28 | 2.41 | 2.24 | 0.87 | 1.41 | 1.87 | 2.02 | 1.99 | 1.63   |
| Frec | 4.3  | 4.3  | 5.3  | 5.8  | 9.5  | 12.5 | 10.1 | 4.0  | 6.2  | 14.8 | 14.2 | 9.1  | 100.0  |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 7.5     | 656  | 5.3     | 270  | 4.6     | 177 | 3.6     | 84  |
| 25  | 8.1     | 835  | 6.2     | 418  | 5.6     | 304 | 4.7     | 178 |
| 50  | 8.7     | 987  | 7.0     | 560  | 6.4     | 432 | 5.6     | 283 |
| 100 | 9.3     | 1221 | 8.0     | 761  | 7.4     | 604 | 6.5     | 424 |
| 200 | 10.0    | 1575 | 9.4     | 1227 | 8.6     | 968 | 7.7     | 677 |

Alicante

38° 16' 56'' N    00° 32' 29'' E                    UTM 31   E 284945 m   N 4240059 m                    30 m s.n.m.

Situada a 5 km S de la ciudad de Alicante. El terreno es uniforme. A 2 km hacia el E se encuentra el Mar Mediterráneo. A más de 6 km en el sector NW se encuentran algunas colinas que superan los 400 m.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2    | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|-------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.03 | 2000 | 0.10 | 7000  | 0.40 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.03 | 7000 | 0.40 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.10 | 2000 | 0.00 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.30 | 2000 | 0.00 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.10 | 1000 | 0.30 | 2000  | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.10 | 2000 | 0.20 | 5000  | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.03 | 1000 | 0.30 | 10000 | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.03 | 1000 | 0.10 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.03 | 2000 | 0.10 | 8000  | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.03 | 4000 | 0.10 | 10000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.03 | 3000 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.03 | 2000 | 0.10 | 8000  | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s. Periodo: 72060603–82123121

| Sect  | Frec  | < 1 | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 5.8   | 473 | 87 | 134 | 99  | 74  | 38  | 26  | 21 | 10 | 26  | 7  | 2  | 3  | 1   | 2.5 | 0.98 |
| 30    | 6.7   | 398 | 52 | 121 | 133 | 94  | 65  | 48  | 28 | 18 | 30  | 8  | 4  | 0  | 1   | 3.4 | 1.23 |
| 60    | 8.3   | 303 | 36 | 92  | 77  | 106 | 87  | 87  | 69 | 39 | 73  | 19 | 6  | 4  | 2   | 5.1 | 1.50 |
| 90    | 12.9  | 224 | 36 | 81  | 107 | 120 | 135 | 103 | 70 | 36 | 72  | 11 | 5  | 1  | 0   | 5.4 | 1.86 |
| 120   | 8.5   | 304 | 34 | 80  | 104 | 128 | 133 | 86  | 58 | 29 | 37  | 4  | 0  | 1  | 0   | 4.6 | 1.77 |
| 150   | 5.5   | 480 | 37 | 73  | 84  | 88  | 85  | 70  | 39 | 20 | 23  | 2  | 0  | 0  | 0   | 3.2 | 1.22 |
| 180   | 6.5   | 414 | 41 | 89  | 88  | 106 | 84  | 66  | 38 | 28 | 42  | 4  | 1  | 0  | 0   | 3.7 | 1.32 |
| 210   | 6.8   | 423 | 53 | 113 | 107 | 87  | 64  | 61  | 31 | 23 | 32  | 4  | 1  | 0  | 0   | 3.3 | 1.22 |
| 240   | 7.2   | 378 | 67 | 151 | 108 | 89  | 76  | 47  | 24 | 23 | 26  | 5  | 2  | 3  | 0   | 3.3 | 1.19 |
| 270   | 10.5  | 298 | 79 | 128 | 116 | 97  | 84  | 61  | 38 | 26 | 43  | 12 | 7  | 8  | 1   | 4.1 | 1.25 |
| 300   | 11.4  | 247 | 59 | 108 | 99  | 96  | 72  | 70  | 53 | 46 | 96  | 29 | 14 | 8  | 4   | 5.2 | 1.37 |
| 330   | 9.8   | 286 | 48 | 103 | 84  | 77  | 74  | 60  | 38 | 43 | 113 | 30 | 20 | 16 | 7   | 5.3 | 1.29 |
| Tbtal | 100.0 | 331 | 52 | 105 | 101 | 99  | 87  | 69  | 45 | 31 | 57  | 13 | 6  | 4  | 2   | 4.3 | 1.32 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 3.0 | 3.1 | 2.3 | 1.9 | 1.4 | 1.0 | 0.9 | 1.2 | 1.2 | 2.3 | 2.8 | 3.2 | 2.0 |
| 3   | 3.3 | 3.4 | 3.0 | 2.4 | 1.5 | 1.6 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | 2.6 | 3.1 | 3.6 | 2.4 |
| 6   | 3.6 | 3.4 | 3.4 | 2.5 | 1.6 | 1.8 | 1.4 | 1.7 | 1.7 | 2.7 | 3.2 | 3.7 | 2.5 |
| 9   | 3.7 | 3.9 | 4.3 | 4.6 | 3.9 | 3.7 | 3.6 | 3.2 | 3.0 | 3.3 | 3.7 | 3.6 | 3.7 |
| 12  | 5.3 | 5.3 | 6.1 | 6.5 | 6.0 | 5.8 | 6.0 | 5.8 | 5.3 | 5.2 | 4.7 | 4.9 | 5.6 |
| 15  | 5.7 | 6.3 | 6.9 | 7.0 | 6.8 | 6.2 | 6.3 | 6.2 | 6.1 | 6.1 | 5.3 | 5.0 | 6.1 |
| 18  | 2.9 | 3.6 | 4.4 | 4.7 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 3.4 | 3.0 | 2.6 | 2.6 | 3.7 |
| 21  | 2.8 | 2.7 | 2.0 | 1.8 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.8 | 1.2 | 1.9 | 2.5 | 2.8 | 2.0 |
| Día | 3.8 | 4.0 | 4.1 | 3.9 | 3.4 | 3.3 | 3.2 | 3.2 | 2.9 | 3.4 | 3.5 | 3.7 | 3.5 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 5.4  | 5.5  | 7.1  | 9.4  | 7.9  | 5.8  | 5.6  | 5.8  | 5.7  | 6.6  | 8.1  | 8.6  | 7.0   |
|      | 1.08 | 1.36 | 1.41 | 1.79 | 1.73 | 1.38 | 1.30 | 1.49 | 1.42 | 1.40 | 1.43 | 1.38 | 1.38  |
| 25   | 5.9  | 6.0  | 7.8  | 10.3 | 8.6  | 6.4  | 6.1  | 6.4  | 6.2  | 7.2  | 8.9  | 9.4  | 7.7   |
|      | 1.09 | 1.39 | 1.44 | 1.81 | 1.76 | 1.43 | 1.33 | 1.52 | 1.46 | 1.42 | 1.45 | 1.38 | 1.40  |
| 50   | 6.3  | 6.5  | 8.3  | 11.0 | 9.2  | 6.9  | 6.6  | 6.9  | 6.7  | 7.7  | 9.5  | 10.0 | 8.3   |
|      | 1.11 | 1.43 | 1.48 | 1.85 | 1.81 | 1.46 | 1.37 | 1.57 | 1.49 | 1.46 | 1.47 | 1.40 | 1.43  |
| 100  | 6.7  | 6.9  | 8.9  | 11.7 | 9.9  | 7.4  | 7.1  | 7.4  | 7.2  | 8.2  | 10.1 | 10.6 | 8.8   |
|      | 1.11 | 1.40 | 1.45 | 1.83 | 1.77 | 1.42 | 1.33 | 1.52 | 1.46 | 1.44 | 1.47 | 1.40 | 1.42  |
| 200  | 7.1  | 7.6  | 9.6  | 12.6 | 10.8 | 8.1  | 7.8  | 8.1  | 7.8  | 8.8  | 10.8 | 11.3 | 9.5   |
|      | 1.08 | 1.34 | 1.40 | 1.78 | 1.70 | 1.35 | 1.27 | 1.45 | 1.39 | 1.39 | 1.44 | 1.38 | 1.39  |
| Frec | 6.7  | 6.5  | 8.0  | 11.7 | 9.6  | 6.2  | 6.3  | 6.7  | 7.1  | 9.7  | 11.3 | 10.2 | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.0  | 3.9  | 5.3  | 6.9  | 4.8  | 3.4  | 3.8  | 3.8  | 3.9  | 4.7  | 6.1  | 6.2  | 4.9   |
|      | 0.99 | 1.24 | 1.32 | 1.67 | 1.47 | 1.04 | 1.12 | 1.24 | 1.22 | 1.26 | 1.37 | 1.27 | 1.25  |
| 25   | 3.6  | 4.8  | 6.3  | 8.1  | 5.8  | 4.2  | 4.6  | 4.7  | 4.7  | 5.6  | 7.2  | 7.2  | 5.8   |
|      | 1.03 | 1.31 | 1.38 | 1.73 | 1.59 | 1.12 | 1.19 | 1.33 | 1.30 | 1.31 | 1.40 | 1.29 | 1.30  |
| 50   | 4.2  | 5.5  | 7.2  | 9.1  | 6.8  | 4.9  | 5.4  | 5.5  | 5.5  | 6.4  | 8.1  | 8.1  | 6.7   |
|      | 1.12 | 1.45 | 1.47 | 1.83 | 1.78 | 1.23 | 1.32 | 1.48 | 1.43 | 1.40 | 1.46 | 1.33 | 1.38  |
| 100  | 4.9  | 6.6  | 8.3  | 10.4 | 8.1  | 5.9  | 6.5  | 6.5  | 6.5  | 7.3  | 9.1  | 9.1  | 7.8   |
|      | 1.19 | 1.54 | 1.58 | 1.96 | 1.90 | 1.31 | 1.40 | 1.58 | 1.53 | 1.50 | 1.55 | 1.40 | 1.48  |
| 200  | 5.9  | 8.0  | 9.7  | 12.0 | 10.1 | 7.2  | 7.9  | 8.0  | 7.8  | 8.6  | 10.4 | 10.2 | 9.2   |
|      | 1.15 | 1.48 | 1.52 | 1.90 | 1.81 | 1.26 | 1.35 | 1.51 | 1.47 | 1.45 | 1.52 | 1.38 | 1.46  |
| Frec | 5.8  | 6.7  | 8.3  | 12.8 | 8.6  | 5.5  | 6.5  | 6.8  | 7.2  | 10.5 | 11.4 | 9.8  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.7  | 3.6  | 4.8  | 5.9  | 4.2  | 3.0  | 3.3  | 3.3  | 3.4  | 4.2  | 5.3  | 5.2  | 4.3   |
|      | 1.01 | 1.26 | 1.37 | 1.65 | 1.46 | 1.05 | 1.11 | 1.24 | 1.21 | 1.27 | 1.36 | 1.25 | 1.25  |
| 25   | 3.3  | 4.4  | 5.8  | 7.1  | 5.2  | 3.8  | 4.1  | 4.2  | 4.2  | 5.1  | 6.5  | 6.3  | 5.2   |
|      | 1.06 | 1.32 | 1.42 | 1.71 | 1.56 | 1.11 | 1.17 | 1.32 | 1.27 | 1.31 | 1.39 | 1.27 | 1.29  |
| 50   | 4.0  | 5.2  | 6.8  | 8.2  | 6.1  | 4.5  | 4.9  | 4.9  | 5.0  | 5.9  | 7.4  | 7.2  | 6.1   |
|      | 1.13 | 1.43 | 1.50 | 1.78 | 1.73 | 1.21 | 1.28 | 1.44 | 1.37 | 1.38 | 1.44 | 1.30 | 1.37  |
| 100  | 4.7  | 6.2  | 7.9  | 9.4  | 7.3  | 5.4  | 5.9  | 5.9  | 5.9  | 6.9  | 8.5  | 8.2  | 7.1   |
|      | 1.24 | 1.57 | 1.63 | 1.94 | 1.90 | 1.33 | 1.40 | 1.58 | 1.50 | 1.50 | 1.52 | 1.36 | 1.47  |
| 200  | 5.6  | 7.5  | 9.3  | 11.0 | 9.1  | 6.6  | 7.1  | 7.2  | 7.1  | 8.1  | 9.7  | 9.3  | 8.4   |
|      | 1.20 | 1.51 | 1.59 | 1.89 | 1.81 | 1.27 | 1.35 | 1.52 | 1.45 | 1.46 | 1.51 | 1.37 | 1.47  |
| Frec | 5.9  | 6.8  | 8.5  | 12.7 | 8.2  | 5.6  | 6.5  | 6.8  | 7.5  | 10.5 | 11.3 | 9.5  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.2  | 2.9  | 3.9  | 4.5  | 3.2  | 2.4  | 2.5  | 2.7  | 2.8  | 3.4  | 4.2  | 3.9  | 3.4   |
|      | 1.05 | 1.27 | 1.42 | 1.63 | 1.42 | 1.06 | 1.10 | 1.25 | 1.24 | 1.27 | 1.36 | 1.22 | 1.25  |
| 25   | 2.9  | 3.9  | 5.1  | 5.8  | 4.3  | 3.2  | 3.4  | 3.5  | 3.7  | 4.4  | 5.4  | 5.1  | 4.4   |
|      | 1.10 | 1.33 | 1.46 | 1.67 | 1.50 | 1.11 | 1.16 | 1.31 | 1.29 | 1.31 | 1.38 | 1.24 | 1.29  |
| 50   | 3.6  | 4.7  | 6.1  | 7.0  | 5.2  | 3.9  | 4.1  | 4.3  | 4.5  | 5.3  | 6.4  | 6.0  | 5.3   |
|      | 1.16 | 1.41 | 1.52 | 1.74 | 1.63 | 1.19 | 1.24 | 1.42 | 1.38 | 1.37 | 1.42 | 1.26 | 1.35  |
| 100  | 4.4  | 5.7  | 7.2  | 8.2  | 6.3  | 4.8  | 5.1  | 5.3  | 5.4  | 6.3  | 7.5  | 7.0  | 6.3   |
|      | 1.29 | 1.56 | 1.64 | 1.87 | 1.85 | 1.35 | 1.40 | 1.60 | 1.53 | 1.46 | 1.49 | 1.31 | 1.46  |
| 200  | 5.2  | 6.8  | 8.5  | 9.6  | 7.7  | 5.8  | 6.1  | 6.3  | 6.5  | 7.4  | 8.7  | 8.1  | 7.5   |
|      | 1.26 | 1.54 | 1.65 | 1.88 | 1.79 | 1.30 | 1.36 | 1.55 | 1.50 | 1.47 | 1.52 | 1.34 | 1.47  |
| Frec | 6.0  | 7.0  | 9.1  | 12.2 | 7.9  | 5.8  | 6.6  | 6.9  | 7.9  | 10.6 | 11.1 | 9.0  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 6.4     | 505  | 4.6     | 216 | 4.0     | 141 | 3.1     | 68  |
| 25  | 7.0     | 640  | 5.4     | 330 | 4.8     | 240 | 4.1     | 142 |
| 50  | 7.5     | 753  | 6.1     | 434 | 5.6     | 335 | 4.8     | 224 |
| 100 | 8.0     | 940  | 7.0     | 590 | 6.5     | 462 | 5.7     | 326 |
| 200 | 8.7     | 1240 | 8.3     | 991 | 7.6     | 767 | 6.8     | 531 |

Almería

36° 51' 00" N    02° 23' 00" W                    UTM 30    E 554978 m    N 4078476 m                    20 m s.n.m.

Situada 5 km al E de la ciudad de Almería. Las montañas de Sierra de Gádor (2200 m) y de Sierra de la Alhamilla (1300 m) se encuentran a más de 30 km en la dirección NW y NE, respectivamente. La distancia al mar desde el anemómetro es de unos 400 m aproximadamente, y los edificios más próximos se encuentran en el sector E a más de 1 km. Cerca del anemómetro (≈ 250 m) hay árboles en sectores NW y N.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 500  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -2   |      |
| 30   | 0.01 | 500  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 250  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 125  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.30 | 2000 | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.30 | 700  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.30 | 500  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.30 | 600  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.10 | 1000 | 0.03 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.01 | 750  | 0.13 | 2000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.01 | 400  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -1   |      |
| 330  | 0.01 | 300  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -2   |      |

Altura del anemómetro: 6.7 m s.n.s. Periodo: 72060612–82123121

| Sect  | Frec  | <1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 17.3  | 188 | 163 | 152 | 115 | 130 | 108 | 63  | 31 | 12 | 26  | 6  | 2  | 2  | 0   | 4.0 | 1.50 |
| 30    | 5.9   | 490 | 260 | 109 | 52  | 26  | 20  | 16  | 13 | 8  | 3   | 2  | 0  | 1  | 0   | 1.5 | 0.88 |
| 60    | 6.2   | 375 | 128 | 118 | 66  | 58  | 48  | 58  | 51 | 28 | 49  | 13 | 5  | 2  | 2   | 3.2 | 1.02 |
| 90    | 14.2  | 177 | 79  | 83  | 60  | 85  | 94  | 108 | 87 | 70 | 124 | 28 | 5  | 1  | 0   | 6.2 | 1.97 |
| 120   | 4.4   | 428 | 54  | 53  | 51  | 82  | 76  | 82  | 62 | 48 | 56  | 7  | 1  | 0  | 1   | 4.0 | 1.31 |
| 150   | 3.7   | 594 | 93  | 83  | 39  | 48  | 66  | 44  | 16 | 8  | 8   | 1  | 0  | 0  | 0   | 1.7 | 0.86 |
| 180   | 6.5   | 365 | 181 | 150 | 95  | 97  | 64  | 27  | 11 | 7  | 3   | 0  | 0  | 0  | 0   | 2.5 | 1.26 |
| 210   | 6.9   | 352 | 117 | 134 | 138 | 121 | 83  | 32  | 9  | 5  | 7   | 0  | 0  | 1  | 0   | 3.0 | 1.45 |
| 240   | 17.8  | 135 | 82  | 110 | 123 | 142 | 120 | 87  | 70 | 37 | 64  | 22 | 4  | 2  | 0   | 5.3 | 1.77 |
| 270   | 10.0  | 231 | 94  | 78  | 76  | 81  | 84  | 74  | 61 | 45 | 101 | 41 | 20 | 9  | 3   | 5.7 | 1.46 |
| 300   | 2.7   | 718 | 50  | 71  | 47  | 41  | 34  | 16  | 7  | 7  | 9   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.9 | 0.69 |
| 330   | 4.4   | 519 | 119 | 85  | 45  | 52  | 51  | 33  | 26 | 14 | 37  | 10 | 2  | 6  | 1   | 2.1 | 0.82 |
| Total | 100.0 | 288 | 119 | 109 | 88  | 97  | 85  | 65  | 46 | 29 | 52  | 15 | 4  | 2  | 1   | 4.1 | 1.31 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 2.6 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 2.4 | 2.2 | 3.0 | 2.2 |
| 3   | 2.7 | 2.6 | 2.3 | 2.2 | 1.7 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 1.5 | 2.1 | 2.9 | 3.7 | 2.2 |
| 6   | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 2.7 | 2.0 | 1.5 | 1.6 | 1.5 | 1.9 | 3.0 | 3.6 | 3.7 | 2.6 |
| 9   | 3.5 | 3.4 | 3.0 | 3.6 | 3.3 | 3.9 | 3.6 | 3.3 | 2.7 | 2.9 | 3.6 | 3.8 | 3.4 |
| 12  | 3.9 | 4.9 | 5.6 | 6.1 | 5.8 | 6.0 | 5.7 | 5.5 | 5.5 | 5.2 | 4.2 | 4.1 | 5.2 |
| 15  | 4.6 | 5.9 | 6.2 | 6.5 | 6.5 | 6.2 | 5.9 | 5.7 | 6.0 | 5.6 | 4.9 | 5.2 | 5.7 |
| 18  | 3.0 | 4.4 | 4.7 | 5.1 | 5.2 | 5.2 | 4.8 | 4.6 | 4.7 | 3.9 | 3.1 | 3.7 | 4.4 |
| 21  | 2.0 | 2.8 | 2.7 | 3.1 | 2.9 | 2.9 | 2.5 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 2.0 | 2.5 | 2.5 |
| Día | 3.3 | 3.8 | 3.9 | 4.1 | 3.9 | 3.9 | 3.6 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.4 | 3.8 | 3.7 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 6.9  | 4.6  | 4.6  | 11.4 | 9.3  | 3.6  | 3.8  | 4.5  | 8.8  | 9.0  | 5.4  | 3.5  | 7.1   |
|      | 1.69 | 1.29 | 0.99 | 1.96 | 1.54 | 0.92 | 1.19 | 1.39 | 1.95 | 1.69 | 1.11 | 0.85 | 1.37  |
| 25   | 7.5  | 5.1  | 5.0  | 12.4 | 10.1 | 4.0  | 4.1  | 5.0  | 9.6  | 9.8  | 5.9  | 3.8  | 7.7   |
|      | 1.74 | 1.33 | 1.00 | 1.98 | 1.56 | 0.93 | 1.23 | 1.44 | 1.98 | 1.71 | 1.12 | 0.86 | 1.38  |
| 50   | 8.1  | 5.5  | 5.4  | 13.2 | 10.8 | 4.3  | 4.5  | 5.4  | 10.2 | 10.4 | 6.4  | 4.1  | 8.3   |
|      | 1.78 | 1.37 | 1.02 | 2.01 | 1.58 | 0.95 | 1.26 | 1.47 | 2.04 | 1.75 | 1.15 | 0.87 | 1.40  |
| 100  | 8.7  | 5.9  | 5.7  | 14.1 | 11.4 | 4.6  | 4.8  | 5.8  | 10.9 | 11.1 | 6.8  | 4.4  | 8.9   |
|      | 1.74 | 1.33 | 1.01 | 2.00 | 1.58 | 0.94 | 1.23 | 1.42 | 2.00 | 1.74 | 1.13 | 0.87 | 1.40  |
| 200  | 9.5  | 6.5  | 6.1  | 15.0 | 12.2 | 4.9  | 5.3  | 6.4  | 11.9 | 12.0 | 7.2  | 4.6  | 9.6   |
|      | 1.66 | 1.26 | 0.99 | 1.97 | 1.55 | 0.91 | 1.16 | 1.35 | 1.93 | 1.69 | 1.11 | 0.86 | 1.38  |
| Frec | 13.8 | 8.9  | 6.2  | 12.1 | 7.0  | 3.8  | 5.7  | 6.8  | 15.0 | 12.1 | 4.6  | 3.9  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.8  | 1.9  | 3.9  | 8.6  | 5.2  | 1.7  | 2.6  | 3.2  | 6.4  | 6.4  | 1.5  | 2.6  | 4.9   |
|      | 1.50 | 0.90 | 1.01 | 1.95 | 1.21 | 0.75 | 1.07 | 1.22 | 1.77 | 1.46 | 0.73 | 0.82 | 1.25  |
| 25   | 5.7  | 2.4  | 4.6  | 10.0 | 6.2  | 2.2  | 3.2  | 3.9  | 7.6  | 7.5  | 1.8  | 3.1  | 5.9   |
|      | 1.61 | 0.96 | 1.04 | 1.99 | 1.25 | 0.80 | 1.15 | 1.31 | 1.86 | 1.50 | 0.76 | 0.84 | 1.29  |
| 50   | 6.7  | 2.9  | 5.2  | 11.2 | 7.0  | 2.7  | 3.8  | 4.6  | 8.6  | 8.4  | 2.2  | 3.6  | 6.7   |
|      | 1.79 | 1.06 | 1.08 | 2.06 | 1.31 | 0.88 | 1.29 | 1.47 | 1.99 | 1.56 | 0.82 | 0.87 | 1.36  |
| 100  | 7.9  | 3.5  | 6.0  | 12.5 | 8.0  | 3.3  | 4.6  | 5.5  | 9.8  | 9.5  | 2.6  | 4.1  | 7.8   |
|      | 1.91 | 1.13 | 1.15 | 2.19 | 1.40 | 0.93 | 1.37 | 1.56 | 2.14 | 1.67 | 0.87 | 0.92 | 1.45  |
| 200  | 9.7  | 4.3  | 6.8  | 14.2 | 9.2  | 4.0  | 5.6  | 6.8  | 11.6 | 10.9 | 3.1  | 4.6  | 9.1   |
|      | 1.83 | 1.08 | 1.12 | 2.15 | 1.36 | 0.89 | 1.31 | 1.49 | 2.06 | 1.63 | 0.85 | 0.90 | 1.44  |
| Frec | 17.0 | 6.2  | 6.2  | 13.9 | 4.8  | 3.7  | 6.4  | 6.9  | 17.5 | 10.3 | 2.8  | 4.3  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.1  | 1.6  | 3.9  | 7.5  | 4.1  | 1.5  | 2.3  | 3.1  | 5.6  | 5.5  | 1.2  | 2.7  | 4.3   |
|      | 1.49 | 0.85 | 1.09 | 1.96 | 1.13 | 0.77 | 1.09 | 1.20 | 1.76 | 1.45 | 0.72 | 0.92 | 1.25  |
| 25   | 5.1  | 2.0  | 4.7  | 9.0  | 5.0  | 2.0  | 2.9  | 3.9  | 6.8  | 6.7  | 1.5  | 3.3  | 5.3   |
|      | 1.59 | 0.90 | 1.12 | 2.00 | 1.17 | 0.82 | 1.16 | 1.28 | 1.83 | 1.48 | 0.76 | 0.95 | 1.29  |
| 50   | 6.0  | 2.5  | 5.4  | 10.3 | 5.8  | 2.5  | 3.5  | 4.6  | 7.8  | 7.7  | 1.8  | 3.9  | 6.1   |
|      | 1.74 | 0.99 | 1.15 | 2.06 | 1.21 | 0.89 | 1.27 | 1.41 | 1.94 | 1.54 | 0.81 | 0.98 | 1.35  |
| 100  | 7.2  | 3.0  | 6.3  | 11.6 | 6.8  | 3.1  | 4.2  | 5.6  | 9.1  | 8.8  | 2.3  | 4.6  | 7.2   |
|      | 1.92 | 1.08 | 1.23 | 2.17 | 1.31 | 0.97 | 1.39 | 1.55 | 2.12 | 1.63 | 0.88 | 1.05 | 1.44  |
| 200  | 8.8  | 3.7  | 7.2  | 13.3 | 7.8  | 3.7  | 5.2  | 6.8  | 10.7 | 10.1 | 2.7  | 5.2  | 8.4   |
|      | 1.84 | 1.03 | 1.21 | 2.17 | 1.28 | 0.93 | 1.34 | 1.48 | 2.05 | 1.62 | 0.85 | 1.03 | 1.45  |
| Frec | 16.6 | 5.9  | 6.5  | 13.8 | 4.4  | 3.9  | 6.5  | 7.6  | 17.4 | 9.5  | 2.8  | 5.2  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.2  | 1.5  | 3.7  | 5.8  | 3.0  | 1.4  | 1.9  | 2.8  | 4.4  | 4.3  | 1.1  | 2.5  | 3.4   |
|      | 1.48 | 0.87 | 1.23 | 1.94 | 1.07 | 0.83 | 1.10 | 1.23 | 1.74 | 1.43 | 0.73 | 1.09 | 1.26  |
| 25   | 4.2  | 2.0  | 4.8  | 7.5  | 3.9  | 1.9  | 2.5  | 3.7  | 5.7  | 5.5  | 1.4  | 3.4  | 4.4   |
|      | 1.56 | 0.91 | 1.25 | 1.97 | 1.10 | 0.88 | 1.17 | 1.30 | 1.79 | 1.46 | 0.76 | 1.13 | 1.29  |
| 50   | 5.1  | 2.5  | 5.7  | 8.8  | 4.6  | 2.3  | 3.1  | 4.5  | 6.8  | 6.6  | 1.7  | 4.1  | 5.3   |
|      | 1.68 | 0.98 | 1.28 | 2.02 | 1.13 | 0.94 | 1.26 | 1.41 | 1.88 | 1.51 | 0.79 | 1.18 | 1.35  |
| 100  | 6.2  | 3.1  | 6.7  | 10.3 | 5.5  | 2.9  | 3.8  | 5.6  | 8.0  | 7.7  | 2.2  | 4.9  | 6.3   |
|      | 1.91 | 1.10 | 1.35 | 2.11 | 1.21 | 1.06 | 1.43 | 1.60 | 2.04 | 1.58 | 0.85 | 1.27 | 1.44  |
| 200  | 7.5  | 3.7  | 7.7  | 11.9 | 6.4  | 3.5  | 4.6  | 6.8  | 9.5  | 8.9  | 2.6  | 5.8  | 7.5   |
|      | 1.85 | 1.06 | 1.37 | 2.16 | 1.22 | 1.02 | 1.38 | 1.54 | 2.05 | 1.61 | 0.85 | 1.27 | 1.46  |
| Frec | 15.2 | 5.8  | 7.4  | 12.6 | 4.3  | 4.3  | 6.6  | 8.8  | 16.4 | 8.6  | 3.0  | 6.9  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 6.5     | 524  | 4.6     | 220  | 4.0     | 145 | 3.1     | 69  |
| 25  | 7.1     | 666  | 5.4     | 338  | 4.9     | 248 | 4.1     | 146 |
| 50  | 7.5     | 789  | 6.1     | 450  | 5.6     | 349 | 4.9     | 230 |
| 100 | 8.1     | 974  | 7.0     | 612  | 6.5     | 485 | 5.8     | 340 |
| 200 | 8.7     | 1271 | 8.3     | 1004 | 7.7     | 791 | 6.8     | 550 |



Avilés

43° 33' 25" N    06° 01' 54" W            UTM 29   E 739763 m   N 4827035 m            100 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Asturias, entre las estribaciones del Sistema Cantábrico (> 2000 m sobre el nivel del mar) hacia el S, y el mar en el N. La distancia a la línea de costa, orientada en su mayor parte en la dirección W-E, es de 2 km.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.03 | 500  | 0.20 | 2750 | 0.00 |    |     |    |     |    |     | 10   | -9   |
| 30   | 0.03 | 500  | 0.20 | 2500 | 0.00 |    |     |    |     |    |     | -7   | -6   |
| 60   | 0.03 | 900  | 0.20 | 4500 | 0.00 |    |     |    |     |    |     | -12  | 4    |
| 90   | 0.03 | 400  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 2    | 10   |
| 120  | 0.05 | 1000 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 20   | 5    |
| 150  | 0.05 | 1000 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 24   | -3   |
| 180  | 0.05 | 1000 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 11   | -9   |
| 210  | 0.10 | 1000 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -7   | -7   |
| 240  | 0.03 | 750  | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     | -9   | 4    |
| 270  | 0.03 | 1000 | 0.20 | 6000 | 0.03 |    |     |    |     |    |     | 5    | 9    |
| 300  | 0.03 | 1500 | 0.20 | 2750 | 0.00 |    |     |    |     |    |     | 18   | 5    |
| 330  | 0.03 | 750  | 0.20 | 2500 | 0.00 |    |     |    |     |    |     | 22   | -3   |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s. Período: 72060609-82123121

| Sect  | Frec  | < 1 | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 6.9   | 549 | 19 | 103 | 113 | 96  | 64  | 20 | 20 | 1  | 13 | 2  | 0  | 0  | 0   | 2.4 | 1.14 |
| 30    | 7.0   | 557 | 8  | 111 | 118 | 98  | 71  | 20 | 13 | 3  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 2.4 | 1.23 |
| 60    | 6.9   | 550 | 13 | 82  | 120 | 97  | 73  | 34 | 21 | 6  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0   | 2.5 | 1.19 |
| 90    | 11.7  | 305 | 18 | 126 | 141 | 159 | 139 | 48 | 40 | 7  | 15 | 2  | 1  | 0  | 0   | 4.1 | 1.83 |
| 120   | 5.9   | 636 | 16 | 129 | 86  | 72  | 39  | 10 | 10 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1.6 | 0.97 |
| 150   | 4.7   | 814 | 21 | 62  | 46  | 33  | 13  | 5  | 4  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.4 | 0.58 |
| 180   | 4.5   | 864 | 13 | 46  | 32  | 25  | 12  | 4  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.4 | 0.61 |
| 210   | 5.9   | 643 | 23 | 127 | 95  | 58  | 24  | 11 | 12 | 0  | 6  | 1  | 0  | 0  | 0   | 1.5 | 0.90 |
| 240   | 14.5  | 239 | 21 | 197 | 203 | 155 | 100 | 35 | 36 | 3  | 9  | 1  | 0  | 0  | 0   | 3.9 | 1.94 |
| 270   | 11.6  | 333 | 11 | 122 | 137 | 158 | 111 | 42 | 50 | 7  | 25 | 3  | 1  | 1  | 0   | 4.1 | 1.65 |
| 300   | 12.9  | 298 | 8  | 81  | 127 | 151 | 141 | 64 | 68 | 12 | 38 | 7  | 1  | 3  | 1   | 4.8 | 1.75 |
| 330   | 7.4   | 498 | 4  | 84  | 115 | 118 | 88  | 40 | 33 | 4  | 11 | 2  | 2  | 0  | 0   | 3.1 | 1.29 |
| Tbtal | 100.0 | 452 | 14 | 115 | 125 | 118 | 88  | 34 | 32 | 5  | 13 | 2  | 1  | 1  | 0   | 3.2 | 1.36 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 3   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 6   | 2.4 | 2.2 | 2.4 | 1.6 | 1.8 | 1.3 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 2.2 | 2.2 | 2.5 | 1.8 |
| 9   | 2.6 | 2.3 | 2.7 | 2.6 | 2.5 | 2.6 | 2.4 | 1.8 | 1.8 | 2.2 | 1.9 | 2.5 | 2.3 |
| 12  | 2.7 | 3.3 | 4.2 | 4.5 | 4.3 | 4.2 | 4.5 | 4.0 | 3.7 | 3.1 | 2.7 | 2.3 | 3.6 |
| 15  | 2.8 | 3.8 | 4.7 | 5.0 | 4.5 | 4.2 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 3.4 | 2.8 | 2.4 | 3.9 |
| 18  | 2.0 | 2.3 | 3.2 | 4.0 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 3.1 | 2.6 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 2.8 |
| 21  | 2.2 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 1.4 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.0 | 1.4 | 1.6 | 1.7 | 1.6 |
| Día | 2.5 | 2.7 | 3.3 | 3.4 | 3.2 | 3.1 | 3.0 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 2.2 | 2.8 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.4  | 3.6  | 4.4  | 6.5  | 4.5  | 1.5  | 1.3  | 2.4  | 7.3  | 7.2  | 5.7  | 4.2  | 5.1   |
|      | 1.20 | 1.21 | 1.31 | 1.91 | 1.42 | 0.90 | 0.86 | 0.88 | 2.09 | 2.09 | 1.67 | 1.43 | 1.43  |
| 25   | 3.7  | 4.0  | 4.9  | 7.2  | 4.9  | 1.7  | 1.5  | 2.6  | 8.0  | 7.9  | 6.3  | 4.7  | 5.6   |
|      | 1.24 | 1.25 | 1.35 | 1.98 | 1.46 | 0.93 | 0.88 | 0.90 | 2.16 | 2.16 | 1.72 | 1.48 | 1.46  |
| 50   | 4.0  | 4.3  | 5.3  | 7.7  | 5.3  | 1.9  | 1.6  | 2.9  | 8.6  | 8.5  | 6.7  | 5.0  | 6.0   |
|      | 1.26 | 1.28 | 1.39 | 2.03 | 1.50 | 0.95 | 0.90 | 0.93 | 2.22 | 2.21 | 1.76 | 1.51 | 1.49  |
| 100  | 4.3  | 4.6  | 5.7  | 8.3  | 5.7  | 2.0  | 1.7  | 3.1  | 9.3  | 9.2  | 7.3  | 5.4  | 6.5   |
|      | 1.23 | 1.24 | 1.35 | 1.96 | 1.46 | 0.92 | 0.88 | 0.90 | 2.15 | 2.14 | 1.71 | 1.47 | 1.46  |
| 200  | 4.8  | 5.0  | 6.2  | 9.2  | 6.3  | 2.2  | 1.8  | 3.3  | 10.3 | 10.2 | 8.0  | 5.9  | 7.1   |
|      | 1.17 | 1.18 | 1.28 | 1.86 | 1.38 | 0.88 | 0.84 | 0.86 | 2.03 | 2.03 | 1.62 | 1.39 | 1.40  |
| Frec | 6.3  | 7.8  | 9.5  | 10.4 | 6.2  | 3.8  | 4.0  | 6.0  | 14.6 | 13.6 | 10.8 | 6.8  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.2  | 2.3  | 3.1  | 4.8  | 1.8  | 0.5  | 0.6  | 1.9  | 5.3  | 4.9  | 3.8  | 2.3  | 3.4   |
|      | 0.99 | 0.99 | 1.14 | 1.69 | 0.99 | 0.60 | 0.66 | 0.83 | 1.87 | 1.69 | 1.44 | 1.08 | 1.22  |
| 25   | 2.7  | 2.9  | 3.8  | 5.7  | 2.2  | 0.6  | 0.8  | 2.3  | 6.3  | 5.8  | 4.5  | 2.9  | 4.1   |
|      | 1.06 | 1.07 | 1.23 | 1.82 | 1.06 | 0.63 | 0.70 | 0.88 | 2.01 | 1.83 | 1.56 | 1.16 | 1.30  |
| 50   | 3.2  | 3.4  | 4.5  | 6.7  | 2.7  | 0.8  | 1.0  | 2.8  | 7.3  | 6.8  | 5.3  | 3.4  | 4.9   |
|      | 1.18 | 1.19 | 1.37 | 2.04 | 1.18 | 0.69 | 0.76 | 0.98 | 2.26 | 2.05 | 1.74 | 1.30 | 1.42  |
| 100  | 3.9  | 4.1  | 5.4  | 7.9  | 3.2  | 1.0  | 1.3  | 3.4  | 8.7  | 8.1  | 6.3  | 4.1  | 5.8   |
|      | 1.25 | 1.26 | 1.46 | 2.17 | 1.26 | 0.73 | 0.81 | 1.04 | 2.41 | 2.19 | 1.86 | 1.38 | 1.48  |
| 200  | 4.8  | 5.1  | 6.7  | 9.8  | 4.0  | 1.2  | 1.5  | 4.1  | 10.8 | 10.0 | 7.8  | 5.1  | 7.2   |
|      | 1.20 | 1.21 | 1.39 | 2.08 | 1.20 | 0.70 | 0.77 | 0.99 | 2.30 | 2.09 | 1.77 | 1.32 | 1.44  |
| Frec | 6.5  | 8.3  | 9.9  | 10.5 | 4.8  | 3.6  | 4.2  | 6.6  | 17.2 | 12.5 | 10.3 | 5.7  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 1.9  | 2.1  | 2.8  | 4.1  | 1.4  | 0.4  | 0.4  | 2.2  | 4.6  | 4.2  | 3.2  | 2.1  | 3.0   |
|      | 0.99 | 1.02 | 1.15 | 1.65 | 0.92 | 0.60 | 0.56 | 0.97 | 1.87 | 1.69 | 1.44 | 1.09 | 1.22  |
| 25   | 2.4  | 2.7  | 3.5  | 5.1  | 1.7  | 0.6  | 0.5  | 2.7  | 5.7  | 5.2  | 4.0  | 2.6  | 3.7   |
|      | 1.05 | 1.09 | 1.23 | 1.76 | 0.97 | 0.63 | 0.59 | 1.03 | 1.99 | 1.81 | 1.54 | 1.16 | 1.29  |
| 50   | 3.0  | 3.2  | 4.2  | 6.0  | 2.1  | 0.7  | 0.7  | 3.3  | 6.7  | 6.1  | 4.8  | 3.1  | 4.4   |
|      | 1.16 | 1.20 | 1.36 | 1.95 | 1.06 | 0.68 | 0.63 | 1.13 | 2.21 | 2.00 | 1.70 | 1.28 | 1.40  |
| 100  | 3.6  | 4.0  | 5.1  | 7.1  | 2.6  | 0.9  | 0.9  | 4.0  | 7.9  | 7.3  | 5.7  | 3.8  | 5.3   |
|      | 1.26 | 1.31 | 1.49 | 2.14 | 1.16 | 0.73 | 0.68 | 1.23 | 2.42 | 2.19 | 1.86 | 1.40 | 1.49  |
| 200  | 4.4  | 4.8  | 6.2  | 8.8  | 3.1  | 1.1  | 1.0  | 4.9  | 9.8  | 9.0  | 7.0  | 4.6  | 6.5   |
|      | 1.21 | 1.26 | 1.42 | 2.05 | 1.12 | 0.70 | 0.66 | 1.19 | 2.32 | 2.10 | 1.78 | 1.34 | 1.45  |
| Frec | 6.6  | 8.5  | 9.9  | 10.2 | 4.5  | 3.6  | 4.3  | 7.5  | 17.2 | 12.2 | 9.7  | 5.8  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 1.5  | 1.7  | 2.3  | 3.1  | 1.0  | 0.7  | 0.4  | 2.4  | 3.6  | 3.2  | 2.5  | 1.6  | 2.4   |
|      | 0.96 | 1.01 | 1.19 | 1.59 | 0.88 | 0.80 | 0.60 | 1.24 | 1.85 | 1.67 | 1.39 | 1.04 | 1.24  |
| 25   | 2.0  | 2.3  | 3.1  | 4.1  | 1.3  | 0.9  | 0.6  | 3.2  | 4.7  | 4.3  | 3.3  | 2.1  | 3.1   |
|      | 1.01 | 1.07 | 1.26 | 1.69 | 0.93 | 0.84 | 0.62 | 1.31 | 1.96 | 1.77 | 1.48 | 1.10 | 1.29  |
| 50   | 2.5  | 2.8  | 3.8  | 5.0  | 1.7  | 1.1  | 0.8  | 3.9  | 5.7  | 5.2  | 4.0  | 2.6  | 3.8   |
|      | 1.10 | 1.15 | 1.37 | 1.83 | 1.00 | 0.90 | 0.66 | 1.42 | 2.12 | 1.92 | 1.60 | 1.19 | 1.38  |
| 100  | 3.1  | 3.5  | 4.7  | 6.0  | 2.1  | 1.4  | 1.0  | 4.8  | 6.9  | 6.3  | 4.9  | 3.2  | 4.7   |
|      | 1.24 | 1.30 | 1.55 | 2.08 | 1.13 | 1.01 | 0.73 | 1.62 | 2.42 | 2.18 | 1.81 | 1.35 | 1.53  |
| 200  | 3.7  | 4.3  | 5.7  | 7.3  | 2.5  | 1.7  | 1.2  | 5.8  | 8.4  | 7.6  | 6.0  | 3.9  | 5.7   |
|      | 1.19 | 1.26 | 1.49 | 2.01 | 1.09 | 0.98 | 0.71 | 1.56 | 2.33 | 2.10 | 1.75 | 1.30 | 1.48  |
| Frec | 6.9  | 8.7  | 9.9  | 9.4  | 4.4  | 3.7  | 4.6  | 8.8  | 16.6 | 11.9 | 9.2  | 5.9  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |     | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 4.6     | 176 | 3.2     | 76  | 2.8     | 50  | 2.2     | 24  |
| 25  | 5.0     | 222 | 3.8     | 117 | 3.4     | 86  | 2.9     | 51  |
| 50  | 5.4     | 267 | 4.4     | 156 | 4.0     | 121 | 3.5     | 81  |
| 100 | 5.9     | 354 | 5.2     | 244 | 4.8     | 185 | 4.2     | 122 |
| 200 | 6.5     | 510 | 6.5     | 494 | 5.9     | 364 | 5.2     | 233 |

Badajoz

38° 53' 00" N    06° 49' 45" W                    UTM 29   E 688302 m   N 4306142 m                    185 m s.n.m.

Situada a 14 km al E de la ciudad de Badajoz y a 3 km al W de la ciudad de Talavera la Real, en el valle del Guadiana.  
La estación se encuentra en el aeropuerto de la Base Aérea de Talavera la Real y el anemómetro está instalado 1.5 m por encima de la cubierta de un edificio de 11.5 m de altura. Hay también edificios en los sectores E, S, y W.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2 | z03 | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 1000 | 0.25 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.01 | 1250 | 0.25 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 1250 | 0.25 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 150  | 0.25 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 100  | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.10 | 2000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.10 | 2000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.10 | 2000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.10 | 2000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.05 | 2000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.01 | 1500 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.01 | 2000 | 0.25 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 13.0 m s.n.s. Período: 72061218-82123115

| Sect  | Frec  | <1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 6.7   | 441 | 75  | 101 | 73  | 104 | 88  | 48 | 27 | 18 | 21 | 2  | 1  | 0  | 2   | 3.0 | 1.13 |
| 30    | 4.2   | 602 | 50  | 79  | 84  | 63  | 68  | 20 | 15 | 6  | 10 | 0  | 0  | 0  | 3   | 1.9 | 0.86 |
| 60    | 6.9   | 405 | 59  | 120 | 104 | 114 | 91  | 45 | 27 | 13 | 19 | 2  | 2  | 0  | 0   | 3.3 | 1.32 |
| 90    | 9.7   | 328 | 105 | 134 | 107 | 112 | 100 | 55 | 29 | 15 | 13 | 1  | 1  | 0  | 0   | 3.4 | 1.41 |
| 120   | 4.4   | 607 | 71  | 109 | 59  | 69  | 35  | 28 | 10 | 6  | 5  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1.6 | 0.91 |
| 150   | 3.5   | 732 | 57  | 53  | 28  | 51  | 33  | 22 | 10 | 7  | 7  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.9 | 0.66 |
| 180   | 5.9   | 445 | 51  | 92  | 88  | 89  | 108 | 51 | 34 | 19 | 20 | 1  | 0  | 0  | 2   | 3.2 | 1.23 |
| 210   | 7.3   | 355 | 55  | 107 | 112 | 110 | 97  | 57 | 47 | 31 | 26 | 3  | 0  | 0  | 0   | 3.8 | 1.46 |
| 240   | 15.2  | 192 | 78  | 134 | 126 | 155 | 129 | 88 | 50 | 21 | 25 | 3  | 1  | 0  | 0   | 4.6 | 1.92 |
| 270   | 22.2  | 138 | 65  | 136 | 129 | 164 | 149 | 91 | 62 | 34 | 30 | 2  | 0  | 0  | 0   | 5.0 | 2.16 |
| 300   | 8.6   | 334 | 46  | 92  | 100 | 126 | 123 | 80 | 46 | 23 | 27 | 3  | 0  | 0  | 0   | 4.2 | 1.64 |
| 330   | 5.4   | 455 | 52  | 80  | 82  | 100 | 89  | 54 | 32 | 26 | 28 | 2  | 0  | 0  | 0   | 3.2 | 1.24 |
| Total | 100.0 | 332 | 67  | 114 | 104 | 123 | 109 | 65 | 40 | 22 | 22 | 2  | 0  | 0  | 0   | 3.8 | 1.51 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 3   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 6   | 1.7 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 1.6 | 1.1 | 1.6 | 1.2 | 2.0 | 1.8 |
| 9   | 2.0 | 2.7 | 3.2 | 3.5 | 3.6 | 3.3 | 3.0 | 2.7 | 2.1 | 2.6 | 1.7 | 2.2 | 2.7 |
| 12  | 3.6 | 4.7 | 4.7 | 4.5 | 4.4 | 4.0 | 3.9 | 3.4 | 3.3 | 4.1 | 3.4 | 3.9 | 4.0 |
| 15  | 4.1 | 4.6 | 5.1 | 5.1 | 5.0 | 4.6 | 4.6 | 4.5 | 4.0 | 4.2 | 3.7 | 4.1 | 4.4 |
| 18  | 2.8 | 3.6 | 4.4 | 4.9 | 5.1 | 4.8 | 4.8 | 4.6 | 3.6 | 3.0 | 2.3 | 2.6 | 3.9 |
| 21  | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| Día | 2.9 | 3.6 | 3.9 | 3.9 | 4.0 | 3.7 | 3.6 | 3.3 | 2.8 | 3.1 | 2.5 | 3.0 | 3.4 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.6  | 3.6  | 4.3  | 5.7  | 4.8  | 2.3  | 4.4  | 6.1  | 7.3  | 7.6  | 6.9  | 5.2  | 6.0   |
|      | 1.37 | 1.14 | 1.40 | 1.61 | 1.38 | 0.89 | 1.23 | 1.62 | 2.13 | 2.45 | 2.26 | 1.66 | 1.68  |
| 25   | 5.1  | 4.0  | 4.8  | 6.3  | 5.3  | 2.5  | 4.9  | 6.7  | 8.0  | 8.3  | 7.6  | 5.8  | 6.5   |
|      | 1.41 | 1.18 | 1.44 | 1.66 | 1.42 | 0.92 | 1.26 | 1.67 | 2.20 | 2.52 | 2.33 | 1.71 | 1.72  |
| 50   | 5.5  | 4.3  | 5.1  | 6.8  | 5.8  | 2.7  | 5.3  | 7.2  | 8.6  | 8.9  | 8.2  | 6.2  | 7.0   |
|      | 1.44 | 1.21 | 1.48 | 1.71 | 1.46 | 0.94 | 1.29 | 1.71 | 2.26 | 2.59 | 2.39 | 1.75 | 1.76  |
| 100  | 5.9  | 4.7  | 5.5  | 7.3  | 6.2  | 2.9  | 5.7  | 7.7  | 9.3  | 9.7  | 8.9  | 6.7  | 7.6   |
|      | 1.40 | 1.17 | 1.43 | 1.65 | 1.41 | 0.91 | 1.26 | 1.66 | 2.19 | 2.51 | 2.31 | 1.70 | 1.72  |
| 200  | 6.5  | 5.1  | 6.1  | 8.1  | 6.8  | 3.2  | 6.2  | 8.5  | 10.3 | 10.8 | 9.8  | 7.4  | 8.4   |
|      | 1.33 | 1.11 | 1.36 | 1.56 | 1.34 | 0.87 | 1.19 | 1.57 | 2.07 | 2.37 | 2.19 | 1.61 | 1.63  |
| Frec | 6.1  | 5.2  | 5.8  | 8.4  | 6.6  | 3.9  | 4.9  | 6.8  | 12.0 | 19.5 | 14.0 | 6.7  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.0  | 2.1  | 3.1  | 4.1  | 2.7  | 1.3  | 3.4  | 4.2  | 5.1  | 5.3  | 4.5  | 3.3  | 4.1   |
|      | 1.12 | 0.90 | 1.26 | 1.38 | 1.02 | 0.73 | 1.15 | 1.40 | 1.83 | 2.05 | 1.75 | 1.29 | 1.43  |
| 25   | 3.7  | 2.5  | 3.8  | 4.9  | 3.3  | 1.6  | 4.2  | 5.1  | 6.1  | 6.3  | 5.4  | 4.0  | 4.9   |
|      | 1.21 | 0.97 | 1.36 | 1.49 | 1.10 | 0.78 | 1.24 | 1.51 | 1.98 | 2.22 | 1.88 | 1.38 | 1.53  |
| 50   | 4.4  | 3.1  | 4.4  | 5.8  | 3.9  | 2.0  | 4.9  | 6.0  | 7.1  | 7.3  | 6.2  | 4.7  | 5.7   |
|      | 1.35 | 1.07 | 1.52 | 1.67 | 1.23 | 0.86 | 1.38 | 1.69 | 2.22 | 2.49 | 2.12 | 1.55 | 1.69  |
| 100  | 5.3  | 3.7  | 5.3  | 6.9  | 4.7  | 2.4  | 5.9  | 7.1  | 8.4  | 8.7  | 7.4  | 5.6  | 6.8   |
|      | 1.44 | 1.14 | 1.62 | 1.77 | 1.30 | 0.91 | 1.47 | 1.80 | 2.37 | 2.65 | 2.26 | 1.65 | 1.78  |
| 200  | 6.5  | 4.6  | 6.6  | 8.6  | 5.8  | 2.9  | 7.3  | 8.9  | 10.5 | 10.8 | 9.2  | 7.0  | 8.5   |
|      | 1.37 | 1.09 | 1.54 | 1.70 | 1.24 | 0.87 | 1.40 | 1.72 | 2.26 | 2.53 | 2.15 | 1.58 | 1.72  |
| Frec | 6.5  | 4.6  | 6.5  | 9.1  | 5.3  | 3.7  | 5.5  | 7.1  | 13.9 | 21.2 | 10.7 | 5.9  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.7  | 1.7  | 2.8  | 3.6  | 2.1  | 0.9  | 3.1  | 3.7  | 4.5  | 4.6  | 3.7  | 2.8  | 3.5   |
|      | 1.13 | 0.87 | 1.29 | 1.39 | 0.96 | 0.68 | 1.19 | 1.42 | 1.87 | 2.08 | 1.67 | 1.25 | 1.43  |
| 25   | 3.4  | 2.1  | 3.5  | 4.5  | 2.6  | 1.2  | 3.9  | 4.6  | 5.6  | 5.7  | 4.6  | 3.5  | 4.4   |
|      | 1.21 | 0.92 | 1.38 | 1.48 | 1.02 | 0.72 | 1.26 | 1.52 | 2.00 | 2.22 | 1.78 | 1.33 | 1.52  |
| 50   | 4.0  | 2.6  | 4.1  | 5.3  | 3.2  | 1.5  | 4.6  | 5.5  | 6.5  | 6.7  | 5.4  | 4.1  | 5.2   |
|      | 1.33 | 1.01 | 1.52 | 1.64 | 1.12 | 0.78 | 1.39 | 1.68 | 2.22 | 2.46 | 1.97 | 1.47 | 1.65  |
| 100  | 4.9  | 3.2  | 5.0  | 6.4  | 3.9  | 1.9  | 5.6  | 6.6  | 7.8  | 7.9  | 6.5  | 5.0  | 6.3   |
|      | 1.46 | 1.10 | 1.67 | 1.80 | 1.23 | 0.85 | 1.52 | 1.85 | 2.44 | 2.70 | 2.17 | 1.61 | 1.79  |
| 200  | 6.0  | 3.9  | 6.1  | 7.9  | 4.7  | 2.3  | 6.8  | 8.1  | 9.6  | 9.8  | 8.0  | 6.1  | 7.7   |
|      | 1.39 | 1.06 | 1.60 | 1.72 | 1.17 | 0.81 | 1.46 | 1.77 | 2.33 | 2.59 | 2.07 | 1.54 | 1.73  |
| Frec | 6.6  | 4.4  | 6.7  | 9.3  | 4.8  | 3.6  | 5.7  | 7.2  | 14.7 | 21.8 | 9.5  | 5.6  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.0  | 1.4  | 2.3  | 2.8  | 1.3  | 0.8  | 2.5  | 3.0  | 3.5  | 3.6  | 2.8  | 2.1  | 2.8   |
|      | 1.11 | 0.90 | 1.31 | 1.40 | 0.88 | 0.71 | 1.23 | 1.48 | 1.90 | 2.10 | 1.58 | 1.23 | 1.44  |
| 25   | 2.8  | 1.9  | 3.0  | 3.8  | 1.8  | 1.1  | 3.4  | 4.0  | 4.7  | 4.8  | 3.7  | 2.8  | 3.7   |
|      | 1.17 | 0.95 | 1.39 | 1.49 | 0.92 | 0.74 | 1.30 | 1.56 | 2.01 | 2.22 | 1.68 | 1.29 | 1.51  |
| 50   | 3.4  | 2.3  | 3.7  | 4.6  | 2.3  | 1.4  | 4.2  | 4.9  | 5.7  | 5.8  | 4.5  | 3.5  | 4.5   |
|      | 1.27 | 1.02 | 1.51 | 1.61 | 0.99 | 0.80 | 1.41 | 1.69 | 2.18 | 2.42 | 1.82 | 1.40 | 1.62  |
| 100  | 4.2  | 2.9  | 4.5  | 5.6  | 2.9  | 1.9  | 5.1  | 5.9  | 6.8  | 6.9  | 5.4  | 4.3  | 5.5   |
|      | 1.44 | 1.15 | 1.71 | 1.83 | 1.12 | 0.89 | 1.60 | 1.93 | 2.49 | 2.76 | 2.07 | 1.59 | 1.81  |
| 200  | 5.1  | 3.5  | 5.5  | 6.8  | 3.5  | 2.3  | 6.2  | 7.2  | 8.3  | 8.5  | 6.6  | 5.2  | 6.7   |
|      | 1.39 | 1.11 | 1.65 | 1.77 | 1.08 | 0.86 | 1.54 | 1.86 | 2.40 | 2.65 | 2.00 | 1.53 | 1.76  |
| Frec | 6.5  | 4.4  | 6.9  | 9.4  | 4.4  | 3.6  | 6.0  | 7.8  | 15.7 | 21.4 | 8.4  | 5.5  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |     | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 5.3     | 215 | 3.7     | 90  | 3.2     | 60  | 2.5     | 29  |
| 25  | 5.8     | 273 | 4.4     | 140 | 4.0     | 102 | 3.3     | 61  |
| 50  | 6.3     | 330 | 5.1     | 190 | 4.7     | 147 | 4.0     | 97  |
| 100 | 6.8     | 435 | 6.1     | 298 | 5.6     | 227 | 4.9     | 150 |
| 200 | 7.5     | 625 | 7.6     | 600 | 6.9     | 444 | 5.9     | 284 |

## Barcelona

41° 17' 49" N 02° 04' 42" E UTM 31 E 422831 m N 4572211 m 5 m s.n.m.

**Situada a 6 km S de la ciudad de Barcelona, y a 1 km de la costa mediterránea. El terreno es más bien llano y uniforme. Hay algunas colinas de más de 200 m en el sector W a una distancia superior a 12 km desde la estación.**

| Sect | $z_{01}$ | $x_1$ | $z_{02}$ | $x_2$ | $z_{03}$ | $x_3$ | $z_{04}$ | $x_4$ | $z_{05}$ | $x_5$ | $z_{06}$ | Porc | Grad |
|------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|------|------|
| 0    | 0.01     | 1000  | 0.10     |       |          |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 30   | 0.01     | 1250  | 0.10     |       |          |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 60   | 0.01     | 3500  | 0.10     |       |          |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 90   | 0.01     | 3000  | 0.10     | 4500  | 0.00     |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 120  | 0.01     | 250   | 0.10     | 2250  | 0.00     |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 150  | 0.01     | 250   | 0.05     | 1750  | 0.00     |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 180  | 0.01     | 500   | 0.05     | 2000  | 0.00     |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 210  | 0.01     | 250   | 0.05     | 600   | 0.10     | 3000  | 0.00     |       |          |       |          | -2   |      |
| 240  | 0.01     | 500   | 0.05     | 6000  | 0.00     |       |          |       |          |       |          | -17  |      |
| 270  | 0.01     | 250   | 0.05     | 2000  | 0.20     |       |          |       |          |       |          | -10  |      |
| 300  | 0.01     | 250   | 0.05     | 1000  | 0.20     |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 330  | 0.01     | 500   | 0.05     | 1500  | 0.20     |       |          |       |          |       |          |      |      |

**Altura del anemómetro: 6.0 m.s.n.s.**

Período: 72060603-85123118

| Sect  | Frec  | <1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | <i>A</i> | <i>k</i> |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|----------|----------|
| 0     | 20.1  | 131 | 97 | 226 | 194 | 150 | 104 | 63  | 24 | 8  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3.9      | 2.00     |
| 30    | 7.5   | 333 | 72 | 143 | 132 | 110 | 86  | 62  | 33 | 15 | 11 | 1  | 1  | 0  | 0   | 3.5      | 1.48     |
| 60    | 7.3   | 320 | 33 | 95  | 108 | 113 | 111 | 91  | 65 | 27 | 30 | 3  | 2  | 1  | 0   | 4.4      | 1.64     |
| 90    | 7.0   | 336 | 42 | 104 | 114 | 127 | 106 | 78  | 51 | 14 | 21 | 4  | 2  | 1  | 0   | 4.1      | 1.58     |
| 120   | 5.3   | 464 | 39 | 115 | 119 | 110 | 75  | 47  | 18 | 7  | 5  | 1  | 0  | 0  | 0   | 2.9      | 1.33     |
| 150   | 5.6   | 447 | 44 | 131 | 121 | 114 | 70  | 44  | 22 | 5  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0   | 2.9      | 1.38     |
| 180   | 9.1   | 275 | 47 | 147 | 147 | 138 | 120 | 81  | 32 | 8  | 5  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3.9      | 1.87     |
| 210   | 10.2  | 245 | 32 | 94  | 118 | 140 | 137 | 114 | 77 | 27 | 13 | 1  | 0  | 0  | 0   | 4.8      | 2.12     |
| 240   | 8.4   | 277 | 35 | 95  | 111 | 121 | 123 | 105 | 75 | 33 | 24 | 0  | 0  | 0  | 0   | 4.6      | 1.89     |
| 270   | 5.1   | 474 | 39 | 83  | 65  | 82  | 77  | 71  | 57 | 28 | 21 | 3  | 1  | 0  | 0   | 3.2      | 1.19     |
| 300   | 4.5   | 536 | 31 | 77  | 74  | 68  | 73  | 59  | 44 | 20 | 15 | 2  | 1  | 0  | 0   | 2.7      | 1.08     |
| 330   | 10.0  | 240 | 61 | 181 | 172 | 136 | 94  | 64  | 33 | 11 | 6  | 2  | 0  | 0  | 0   | 3.8      | 1.78     |
| Total | 100.0 | 293 | 55 | 140 | 136 | 125 | 103 | 75  | 43 | 16 | 12 | 1  | 0  | 0  | 0   | 3.9      | 1.66     |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 2.8 | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.1 | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 1.4 | 1.7 | 2.5 | 3.3 | 1.7 |
| 3   | 3.4 | 2.8 | 2.1 | 1.8 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 2.5 | 3.2 | 3.8 | 2.2 |
| 6   | 3.6 | 3.2 | 2.8 | 2.6 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.2 | 2.5 | 3.2 | 3.5 | 3.9 | 2.8 |
| 9   | 4.3 | 4.1 | 4.0 | 3.5 | 3.3 | 3.3 | 3.1 | 2.9 | 3.1 | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 3.7 |
| 12  | 3.9 | 4.0 | 4.8 | 5.2 | 5.1 | 5.1 | 5.3 | 4.9 | 4.5 | 3.8 | 3.5 | 4.1 | 4.5 |
| 15  | 3.7 | 4.8 | 5.3 | 5.3 | 5.1 | 5.4 | 5.4 | 5.1 | 4.9 | 4.3 | 3.4 | 3.7 | 4.7 |
| 18  | 2.1 | 2.6 | 4.0 | 4.0 | 3.8 | 4.1 | 4.1 | 3.6 | 2.9 | 2.1 | 1.9 | 2.3 | 3.1 |
| 21  | 2.2 | 1.8 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.6 | 1.8 |
| Día | 3.3 | 3.2 | 3.4 | 3.2 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 2.8 | 2.8 | 2.9 | 3.0 | 3.5 | 3.1 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0           | 30          | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210          | 240          | 270         | 300         | 330         | Total       |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10   | 6.1<br>2.39 | 5.8<br>2.02 | 6.4<br>1.94 | 5.3<br>1.58 | 4.2<br>1.38 | 3.8<br>1.38 | 4.9<br>1.80 | 7.3<br>1.95  | 7.1<br>1.92  | 6.3<br>1.66 | 5.0<br>1.32 | 6.2<br>2.06 | 5.9<br>1.78 |
| 25   | 6.7<br>2.47 | 6.3<br>2.08 | 7.0<br>2.00 | 5.9<br>1.63 | 4.6<br>1.42 | 4.2<br>1.42 | 5.4<br>1.86 | 8.0<br>2.01  | 7.8<br>1.98  | 6.8<br>1.71 | 5.5<br>1.35 | 6.8<br>2.12 | 6.5<br>1.83 |
| 50   | 7.2<br>2.53 | 6.8<br>2.13 | 7.6<br>2.06 | 6.3<br>1.67 | 5.0<br>1.46 | 4.5<br>1.46 | 5.8<br>1.91 | 8.6<br>2.07  | 8.3<br>2.04  | 7.4<br>1.76 | 5.9<br>1.39 | 7.3<br>2.18 | 6.9<br>1.87 |
| 100  | 7.8<br>2.45 | 7.3<br>2.07 | 8.2<br>1.99 | 6.8<br>1.62 | 5.4<br>1.42 | 4.8<br>1.41 | 6.3<br>1.85 | 9.4<br>2.00  | 9.0<br>1.97  | 8.0<br>1.70 | 6.3<br>1.35 | 7.9<br>2.11 | 7.5<br>1.81 |
| 200  | 8.6<br>2.32 | 8.1<br>1.96 | 9.0<br>1.88 | 7.5<br>1.54 | 5.9<br>1.34 | 5.3<br>1.34 | 6.9<br>1.75 | 10.3<br>1.90 | 10.0<br>1.87 | 8.8<br>1.61 | 6.9<br>1.29 | 8.7<br>2.00 | 8.3<br>1.73 |
| Frec | 18.1        | 10.0        | 7.4         | 7.1         | 5.6         | 5.5         | 8.4         | 9.9          | 8.8          | 5.7         | 4.6         | 8.9         | 100.0       |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0           | 30          | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210          | 240         | 270         | 300         | 330         | Total       |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10   | 4.3<br>2.01 | 3.8<br>1.51 | 4.6<br>1.67 | 3.5<br>1.31 | 2.6<br>1.12 | 2.6<br>1.20 | 3.6<br>1.53 | 5.4<br>1.76  | 4.7<br>1.56 | 3.8<br>1.21 | 3.4<br>1.15 | 4.3<br>1.82 | 4.0<br>1.50 |
| 25   | 5.1<br>2.17 | 4.6<br>1.63 | 5.5<br>1.80 | 4.2<br>1.41 | 3.2<br>1.21 | 3.2<br>1.29 | 4.3<br>1.65 | 6.5<br>1.90  | 5.7<br>1.68 | 4.6<br>1.29 | 4.1<br>1.24 | 5.2<br>1.96 | 4.9<br>1.61 |
| 50   | 5.9<br>2.44 | 5.4<br>1.83 | 6.4<br>2.02 | 5.0<br>1.58 | 3.8<br>1.35 | 3.8<br>1.44 | 5.0<br>1.86 | 7.5<br>2.13  | 6.6<br>1.88 | 5.3<br>1.42 | 4.9<br>1.39 | 6.0<br>2.20 | 5.7<br>1.79 |
| 100  | 7.0<br>2.59 | 6.4<br>1.94 | 7.6<br>2.15 | 5.9<br>1.69 | 4.5<br>1.43 | 4.5<br>1.53 | 6.0<br>1.98 | 8.9<br>2.27  | 7.8<br>2.01 | 6.3<br>1.52 | 5.8<br>1.48 | 7.2<br>2.35 | 6.8<br>1.90 |
| 200  | 8.7<br>2.47 | 7.9<br>1.86 | 9.4<br>2.05 | 7.3<br>1.61 | 5.6<br>1.37 | 5.6<br>1.47 | 7.4<br>1.89 | 11.1<br>2.17 | 9.7<br>1.92 | 7.7<br>1.46 | 7.2<br>1.41 | 8.9<br>2.24 | 8.4<br>1.83 |
| Frec | 19.5        | 7.5         | 7.3         | 6.9         | 5.3         | 5.8         | 9.0         | 10.2         | 8.2         | 5.1         | 4.8         | 10.5        | 100.0       |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0           | 30          | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210          | 240         | 270         | 300         | 330         | Total       |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10   | 3.7<br>1.99 | 3.4<br>1.52 | 3.9<br>1.66 | 3.0<br>1.30 | 2.3<br>1.13 | 2.4<br>1.25 | 3.3<br>1.50 | 4.7<br>1.73  | 4.0<br>1.51 | 3.2<br>1.19 | 3.1<br>1.25 | 3.8<br>1.84 | 3.5<br>1.51 |
| 25   | 4.6<br>2.13 | 4.2<br>1.63 | 4.9<br>1.77 | 3.7<br>1.39 | 2.9<br>1.21 | 3.0<br>1.33 | 4.1<br>1.60 | 5.8<br>1.85  | 5.0<br>1.62 | 4.0<br>1.26 | 3.9<br>1.33 | 4.7<br>1.97 | 4.4<br>1.60 |
| 50   | 5.4<br>2.36 | 5.0<br>1.79 | 5.7<br>1.96 | 4.4<br>1.53 | 3.4<br>1.33 | 3.6<br>1.47 | 4.8<br>1.77 | 6.8<br>2.05  | 5.9<br>1.79 | 4.8<br>1.38 | 4.7<br>1.47 | 5.5<br>2.18 | 5.2<br>1.76 |
| 100  | 6.4<br>2.59 | 6.0<br>1.98 | 6.8<br>2.16 | 5.3<br>1.68 | 4.1<br>1.45 | 4.3<br>1.61 | 5.7<br>1.94 | 8.1<br>2.25  | 7.1<br>1.96 | 5.7<br>1.51 | 5.6<br>1.62 | 6.5<br>2.39 | 6.2<br>1.92 |
| 200  | 7.9<br>2.48 | 7.3<br>1.89 | 8.4<br>2.06 | 6.6<br>1.61 | 5.1<br>1.39 | 5.3<br>1.54 | 7.1<br>1.86 | 10.0<br>2.15 | 8.7<br>1.88 | 6.9<br>1.45 | 6.9<br>1.54 | 8.0<br>2.29 | 7.6<br>1.84 |
| Frec | 18.3        | 7.5         | 7.3         | 6.7         | 5.4         | 6.1         | 9.0         | 10.0         | 7.9         | 5.0         | 5.3         | 11.5        | 100.0       |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0           | 30          | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210         | 240         | 270         | 300         | 330         | Total       |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10   | 2.9<br>1.99 | 2.7<br>1.55 | 3.0<br>1.65 | 2.3<br>1.28 | 1.8<br>1.11 | 2.0<br>1.29 | 2.7<br>1.48 | 3.6<br>1.71 | 3.1<br>1.47 | 2.5<br>1.20 | 2.6<br>1.38 | 3.0<br>1.88 | 2.8<br>1.51 |
| 25   | 3.8<br>2.11 | 3.6<br>1.64 | 4.0<br>1.75 | 3.1<br>1.35 | 2.3<br>1.17 | 2.7<br>1.37 | 3.6<br>1.57 | 4.8<br>1.81 | 4.1<br>1.55 | 3.4<br>1.26 | 3.5<br>1.46 | 3.9<br>1.99 | 3.7<br>1.60 |
| 50   | 4.7<br>2.30 | 4.4<br>1.78 | 4.9<br>1.90 | 3.8<br>1.47 | 2.9<br>1.27 | 3.2<br>1.48 | 4.4<br>1.71 | 5.8<br>1.96 | 5.0<br>1.69 | 4.1<br>1.36 | 4.3<br>1.58 | 4.7<br>2.16 | 4.5<br>1.72 |
| 100  | 5.6<br>2.62 | 5.3<br>2.03 | 5.9<br>2.16 | 4.6<br>1.67 | 3.6<br>1.44 | 4.0<br>1.68 | 5.3<br>1.94 | 6.9<br>2.24 | 6.1<br>1.92 | 5.0<br>1.53 | 5.2<br>1.79 | 5.7<br>2.46 | 5.4<br>1.94 |
| 200  | 6.8<br>2.52 | 6.5<br>1.95 | 7.2<br>2.08 | 5.6<br>1.61 | 4.3<br>1.39 | 4.8<br>1.62 | 6.5<br>1.87 | 8.5<br>2.15 | 7.4<br>1.85 | 6.1<br>1.48 | 6.3<br>1.73 | 6.9<br>2.37 | 6.6<br>1.88 |
| Frec | 16.7        | 7.4         | 7.3         | 6.5         | 5.4         | 6.6         | 9.1         | 9.8         | 7.6         | 4.9         | 6.0         | 12.8        | 100.0       |

| z   | Clase 0 |     | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 5.2     | 191 | 3.7     | 80  | 3.2     | 53  | 2.5     | 26  |
| 25  | 5.7     | 243 | 4.4     | 125 | 3.9     | 92  | 3.3     | 55  |
| 50  | 6.2     | 293 | 5.1     | 169 | 4.6     | 132 | 4.0     | 87  |
| 100 | 6.7     | 386 | 6.0     | 266 | 5.5     | 202 | 4.8     | 134 |
| 200 | 7.4     | 553 | 7.5     | 533 | 6.8     | 397 | 5.9     | 253 |

El Hierro

27° 48' 46" N    17° 53' 07" W                    UTM 28   E 215743 m   N 3079847 m                    31 m s.n.m.

Situada en la costa E de la isla de Hierro. La parte E de la isla forma un profundo acantilado – desde el nivel del mar hasta más de 1100 m de altitud a unos 5 km.

| Sect | z01  | x1  | z02  | x2   | z03  | x3    | z04  | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|-----|------|------|------|-------|------|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 150 | 0.00 |      |      |       |      |    |     |    |     | -4   |      |
| 30   | 0.01 | 100 | 0.00 |      |      |       |      |    |     |    |     | -3   |      |
| 60   | 0.01 | 100 | 0.00 |      |      |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 100 | 0.00 |      |      |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 200 | 0.00 |      |      |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.01 | 500 | 0.00 |      |      |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.01 | 750 | 0.10 | 1500 | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.01 | 250 | 0.10 | 3000 | 0.03 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.01 | 200 | 0.10 | 1250 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.01 | 250 | 0.10 | 1500 | 0.30 | 10000 | 0.00 |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.01 | 500 | 0.30 | 6000 | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.01 | 750 | 0.03 | 4000 | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s. Periodo: 73080315–82123115

| Sect  | Frec  | < 1 | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 17.0  | 40  | 6  | 24  | 33  | 81  | 117 | 76  | 104 | 65  | 319 | 80 | 34 | 18 | 2   | 9.3 | 2.90 |
| 30    | 54.6  | 8   | 3  | 10  | 17  | 68  | 109 | 81  | 108 | 114 | 359 | 85 | 30 | 7  | 0   | 9.5 | 4.18 |
| 60    | 6.8   | 76  | 6  | 25  | 69  | 115 | 124 | 110 | 143 | 68  | 200 | 42 | 11 | 10 | 0   | 7.8 | 2.59 |
| 90    | 2.8   | 302 | 17 | 189 | 126 | 156 | 103 | 30  | 28  | 10  | 26  | 7  | 0  | 6  | 0   | 3.9 | 1.45 |
| 120   | 0.8   | 424 | 31 | 144 | 103 | 124 | 40  | 15  | 46  | 39  | 28  | 5  | 0  | 0  | 0   | 3.2 | 1.20 |
| 150   | 1.6   | 271 | 10 | 89  | 88  | 166 | 202 | 81  | 34  | 10  | 45  | 2  | 0  | 2  | 0   | 5.0 | 2.14 |
| 180   | 9.0   | 66  | 26 | 86  | 102 | 158 | 296 | 98  | 52  | 20  | 80  | 11 | 3  | 1  | 0   | 6.1 | 2.47 |
| 210   | 2.2   | 180 | 14 | 52  | 130 | 106 | 180 | 40  | 117 | 71  | 60  | 24 | 12 | 14 | 2   | 6.2 | 1.81 |
| 240   | 1.2   | 507 | 10 | 26  | 192 | 37  | 168 | 0   | 29  | 7   | 18  | 3  | 0  | 3  | 0   | 3.3 | 1.30 |
| 270   | 0.8   | 642 | 5  | 20  | 113 | 81  | 25  | 0   | 27  | 0   | 77  | 0  | 0  | 5  | 5   | 2.3 | 0.80 |
| 300   | 0.9   | 708 | 0  | 17  | 35  | 64  | 41  | 37  | 14  | 17  | 19  | 5  | 20 | 10 | 14  | 1.8 | 0.67 |
| 330   | 2.4   | 159 | 0  | 64  | 47  | 112 | 219 | 39  | 104 | 25  | 136 | 31 | 15 | 7  | 40  | 6.5 | 1.37 |
| Total | 100.0 | 64  | 7  | 30  | 42  | 88  | 133 | 78  | 99  | 83  | 278 | 66 | 24 | 8  | 2   | 8.6 | 2.81 |

| UTC | Ene | Feb | Mar  | Abr  | May | Jun | Jul  | Ago  | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | –   | –   | –    | –    | –   | –   | –    | –    | –   | –   | –   | –   | –   |
| 3   | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 12.9 | 0.0 | 7.2 | 0.0  | 5.1  | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.4 |
| 6   | 0.0 | 0.0 | 12.9 | 5.1  | 0.0 | 5.1 | 10.3 | 11.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.2 | 8.5 |
| 9   | 5.7 | 6.3 | 7.6  | 7.1  | 7.8 | 7.6 | 9.7  | 8.8  | 6.8 | 6.4 | 5.6 | 5.5 | 7.1 |
| 12  | 6.3 | 6.5 | 7.8  | 7.4  | 7.9 | 7.9 | 9.6  | 8.6  | 6.8 | 6.5 | 6.0 | 6.3 | 7.3 |
| 15  | 6.4 | 6.9 | 7.8  | 7.2  | 8.1 | 8.0 | 9.7  | 8.8  | 7.3 | 6.6 | 6.2 | 6.3 | 7.4 |
| 18  | 6.4 | 6.8 | 7.9  | 7.3  | 8.3 | 8.0 | 9.7  | 9.7  | 8.0 | 6.4 | 5.0 | 5.0 | 7.5 |
| 21  | –   | –   | –    | –    | –   | –   | –    | –    | –   | –   | –   | –   | –   |
| Día | 6.2 | 6.6 | 7.7  | 7.2  | 7.9 | 7.9 | 9.7  | 8.8  | 7.0 | 6.5 | 5.9 | 6.0 | 7.3 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 10.3 | 10.4 | 9.0  | 4.8  | 3.6  | 5.7  | 7.5  | 9.1  | 6.9  | 3.8  | 2.7  | 8.4  | 9.6   |
|      | 2.92 | 4.15 | 2.86 | 1.51 | 1.26 | 2.02 | 2.35 | 1.94 | 1.69 | 0.85 | 0.68 | 1.39 | 2.74  |
| 25   | 11.2 | 11.3 | 9.9  | 5.3  | 4.0  | 6.2  | 8.2  | 9.9  | 7.6  | 4.1  | 2.9  | 9.1  | 10.4  |
|      | 2.99 | 4.26 | 2.95 | 1.56 | 1.30 | 2.08 | 2.43 | 1.98 | 1.74 | 0.86 | 0.69 | 1.40 | 2.80  |
| 50   | 12.0 | 12.1 | 10.6 | 5.7  | 4.3  | 6.7  | 8.8  | 10.6 | 8.2  | 4.4  | 3.1  | 9.7  | 11.2  |
|      | 3.07 | 4.38 | 3.03 | 1.60 | 1.33 | 2.14 | 2.49 | 2.03 | 1.78 | 0.87 | 0.69 | 1.43 | 2.86  |
| 100  | 12.9 | 13.1 | 11.5 | 6.1  | 4.7  | 7.2  | 9.5  | 11.3 | 8.8  | 4.7  | 3.3  | 10.4 | 12.1  |
|      | 3.00 | 4.25 | 2.94 | 1.55 | 1.29 | 2.07 | 2.41 | 1.99 | 1.74 | 0.87 | 0.69 | 1.42 | 2.81  |
| 200  | 14.1 | 14.5 | 12.7 | 6.7  | 5.1  | 8.0  | 10.6 | 12.3 | 9.6  | 5.0  | 3.5  | 11.1 | 13.3  |
|      | 2.88 | 4.05 | 2.78 | 1.47 | 1.23 | 1.96 | 2.28 | 1.93 | 1.66 | 0.85 | 0.69 | 1.39 | 2.72  |
| Frec | 15.9 | 51.8 | 10.4 | 3.1  | 1.0  | 1.5  | 8.3  | 2.8  | 1.3  | 0.8  | 0.9  | 2.3  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 7.2  | 7.2  | 5.5  | 2.8  | 2.8  | 4.6  | 5.2  | 6.7  | 4.0  | 2.2  | 3.7  | 6.7  | 6.7   |
|      | 2.86 | 3.47 | 2.02 | 1.26 | 1.15 | 1.92 | 1.90 | 1.76 | 1.23 | 0.73 | 0.92 | 1.76 | 2.43  |
| 25   | 8.5  | 8.6  | 6.6  | 3.4  | 3.4  | 5.5  | 6.3  | 7.9  | 4.8  | 2.7  | 4.4  | 7.9  | 7.9   |
|      | 3.05 | 3.73 | 2.18 | 1.36 | 1.24 | 2.07 | 2.05 | 1.83 | 1.31 | 0.74 | 0.94 | 1.83 | 2.57  |
| 50   | 9.8  | 9.8  | 7.6  | 4.1  | 4.0  | 6.4  | 7.2  | 9.0  | 5.6  | 3.0  | 5.0  | 9.0  | 9.1   |
|      | 3.36 | 4.15 | 2.45 | 1.52 | 1.39 | 2.33 | 2.31 | 1.93 | 1.44 | 0.76 | 0.97 | 1.95 | 2.80  |
| 100  | 11.4 | 11.6 | 9.0  | 4.8  | 4.8  | 7.6  | 8.6  | 10.2 | 6.6  | 3.5  | 5.7  | 10.3 | 10.7  |
|      | 3.60 | 4.43 | 2.61 | 1.62 | 1.48 | 2.48 | 2.45 | 2.07 | 1.54 | 0.80 | 1.02 | 2.09 | 2.97  |
| 200  | 13.9 | 14.3 | 11.2 | 6.0  | 5.9  | 9.4  | 10.7 | 11.9 | 7.9  | 3.9  | 6.4  | 12.1 | 13.1  |
|      | 3.45 | 4.24 | 2.49 | 1.54 | 1.41 | 2.37 | 2.35 | 2.01 | 1.48 | 0.79 | 1.00 | 2.03 | 2.90  |
| Frec | 22.4 | 47.7 | 6.2  | 2.5  | 0.9  | 2.7  | 8.0  | 2.1  | 1.1  | 0.8  | 1.1  | 4.6  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 6.3  | 6.3  | 4.7  | 2.4  | 2.6  | 4.1  | 4.6  | 5.8  | 3.4  | 1.9  | 3.9  | 6.0  | 5.8   |
|      | 2.91 | 3.41 | 1.94 | 1.23 | 1.21 | 1.96 | 1.89 | 1.76 | 1.22 | 0.71 | 1.04 | 1.92 | 2.42  |
| 25   | 7.7  | 7.7  | 5.8  | 3.1  | 3.2  | 5.1  | 5.7  | 7.1  | 4.3  | 2.3  | 4.7  | 7.3  | 7.1   |
|      | 3.08 | 3.63 | 2.07 | 1.32 | 1.29 | 2.09 | 2.03 | 1.82 | 1.28 | 0.73 | 1.06 | 1.99 | 2.54  |
| 50   | 8.9  | 8.9  | 6.8  | 3.7  | 3.8  | 6.0  | 6.7  | 8.1  | 5.0  | 2.7  | 5.4  | 8.4  | 8.3   |
|      | 3.35 | 3.98 | 2.30 | 1.45 | 1.43 | 2.31 | 2.24 | 1.91 | 1.39 | 0.74 | 1.10 | 2.12 | 2.74  |
| 100  | 10.4 | 10.6 | 8.1  | 4.4  | 4.6  | 7.2  | 7.9  | 9.4  | 6.0  | 3.1  | 6.3  | 9.7  | 9.8   |
|      | 3.68 | 4.37 | 2.52 | 1.59 | 1.56 | 2.55 | 2.46 | 2.08 | 1.52 | 0.77 | 1.17 | 2.32 | 2.97  |
| 200  | 12.7 | 12.9 | 9.9  | 5.4  | 5.7  | 8.8  | 9.8  | 10.9 | 7.2  | 3.5  | 7.2  | 11.5 | 11.9  |
|      | 3.54 | 4.19 | 2.41 | 1.52 | 1.50 | 2.44 | 2.36 | 2.03 | 1.47 | 0.77 | 1.16 | 2.25 | 2.90  |
| Frec | 25.4 | 43.9 | 5.9  | 2.3  | 1.0  | 3.3  | 7.4  | 2.0  | 1.1  | 0.8  | 1.2  | 5.7  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.9  | 4.8  | 3.5  | 2.0  | 2.2  | 3.3  | 3.6  | 4.4  | 2.5  | 1.4  | 3.5  | 4.7  | 4.5   |
|      | 3.11 | 3.46 | 1.84 | 1.24 | 1.32 | 2.06 | 1.81 | 1.71 | 1.13 | 0.71 | 1.20 | 2.10 | 2.46  |
| 25   | 6.4  | 6.3  | 4.7  | 2.6  | 2.9  | 4.4  | 4.8  | 5.7  | 3.3  | 1.9  | 4.6  | 6.1  | 5.9   |
|      | 3.28 | 3.66 | 1.95 | 1.31 | 1.40 | 2.19 | 1.92 | 1.76 | 1.18 | 0.72 | 1.23 | 2.19 | 2.58  |
| 50   | 7.6  | 7.6  | 5.6  | 3.2  | 3.5  | 5.3  | 5.8  | 6.8  | 4.1  | 2.2  | 5.5  | 7.3  | 7.1   |
|      | 3.53 | 3.97 | 2.12 | 1.42 | 1.51 | 2.38 | 2.09 | 1.84 | 1.25 | 0.73 | 1.27 | 2.31 | 2.75  |
| 100  | 9.1  | 9.1  | 6.8  | 3.9  | 4.3  | 6.4  | 6.9  | 8.0  | 4.9  | 2.7  | 6.5  | 8.7  | 8.5   |
|      | 4.00 | 4.51 | 2.41 | 1.62 | 1.72 | 2.71 | 2.38 | 1.99 | 1.38 | 0.75 | 1.34 | 2.55 | 3.04  |
| 200  | 11.1 | 11.1 | 8.3  | 4.7  | 5.3  | 7.8  | 8.5  | 9.4  | 5.9  | 3.1  | 7.6  | 10.4 | 10.3  |
|      | 3.87 | 4.35 | 2.33 | 1.56 | 1.66 | 2.61 | 2.30 | 1.99 | 1.36 | 0.77 | 1.36 | 2.52 | 2.99  |
| Frec | 29.6 | 38.6 | 5.5  | 2.0  | 1.1  | 4.2  | 6.6  | 1.9  | 1.1  | 0.9  | 1.4  | 7.4  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |      | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|-----|
| 10  | 8.5     | 559  | 5.9     | 203  | 5.1     | 134  | 4.0     | 62  |
| 25  | 9.3     | 721  | 7.0     | 330  | 6.3     | 240  | 5.3     | 136 |
| 50  | 10.0    | 877  | 8.1     | 475  | 7.4     | 363  | 6.3     | 229 |
| 100 | 10.8    | 1117 | 9.5     | 744  | 8.7     | 571  | 7.6     | 374 |
| 200 | 11.8    | 1512 | 11.7    | 1388 | 10.6    | 1043 | 9.2     | 674 |



Fuerteventura

28° 27' 00'' N    13° 51' 00'' W            UTM 28   E 612606 m   N 3147636 m            17 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto, cerca del mar, a unos 3 km al S de la ciudad de Puerto del Rosario. El mar se encuentra hacia el E y la línea de costa sigue la dirección N-S. A 8 km al oeste se encuentra la montaña Rosa del Taco (593 m).

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 2500 | 0.00 | 5000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.01 | 1250 | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 500  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 500  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 750  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.01 | 900  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.01 | 1000 | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.01 | 1000 | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.01 | 750  | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.01 | 700  | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.01 | 750  | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.01 | 750  | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s. Período: 72060612–82123118

| Sect  | Frec  | < 1 | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 20.0  | 39  | 19 | 54  | 83  | 143 | 136 | 154 | 140 | 103 | 106 | 20 | 3  | 0  | 0   | 7.0 | 2.88 |
| 30    | 24.4  | 29  | 11 | 29  | 39  | 73  | 85  | 143 | 166 | 157 | 213 | 47 | 7  | 0  | 0   | 8.3 | 3.75 |
| 60    | 21.6  | 34  | 7  | 20  | 41  | 87  | 103 | 167 | 170 | 157 | 180 | 28 | 3  | 1  | 0   | 8.0 | 3.70 |
| 90    | 5.0   | 134 | 28 | 65  | 140 | 156 | 144 | 134 | 95  | 59  | 43  | 1  | 0  | 0  | 0   | 5.6 | 2.42 |
| 120   | 2.2   | 302 | 52 | 108 | 150 | 134 | 121 | 48  | 68  | 10  | 7   | 0  | 0  | 0  | 0   | 4.0 | 1.81 |
| 150   | 2.4   | 277 | 18 | 55  | 125 | 120 | 116 | 101 | 76  | 41  | 48  | 12 | 3  | 9  | 0   | 5.2 | 1.70 |
| 180   | 2.3   | 306 | 19 | 60  | 94  | 107 | 86  | 126 | 88  | 46  | 52  | 12 | 1  | 0  | 2   | 5.3 | 1.53 |
| 210   | 1.8   | 473 | 17 | 47  | 44  | 65  | 35  | 96  | 88  | 52  | 64  | 6  | 14 | 0  | 0   | 4.2 | 1.26 |
| 240   | 1.6   | 349 | 33 | 68  | 86  | 90  | 71  | 82  | 77  | 46  | 59  | 31 | 5  | 2  | 2   | 4.8 | 1.42 |
| 270   | 2.4   | 286 | 41 | 100 | 94  | 73  | 58  | 81  | 79  | 56  | 87  | 36 | 5  | 3  | 0   | 5.1 | 1.46 |
| 300   | 6.0   | 129 | 38 | 116 | 157 | 145 | 76  | 87  | 65  | 75  | 78  | 20 | 3  | 6  | 5   | 5.4 | 1.53 |
| 330   | 10.4  | 70  | 37 | 130 | 179 | 197 | 100 | 89  | 79  | 58  | 56  | 3  | 1  | 0  | 0   | 5.2 | 1.91 |
| Tbtal | 100.0 | 85  | 19 | 55  | 83  | 115 | 103 | 134 | 132 | 112 | 131 | 25 | 4  | 1  | 0   | 7.2 | 2.76 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| 3   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| 6   | 4.2 | 4.8 | 5.4 | 4.4 | 5.6 | 5.4 | 6.0 | 5.5 | 4.2 | 3.9 | 4.1 | 4.1 | 4.8 |
| 9   | 4.4 | 4.6 | 5.8 | 5.7 | 6.8 | 6.6 | 7.0 | 6.9 | 5.3 | 4.3 | 4.1 | 4.5 | 5.5 |
| 12  | 5.9 | 6.4 | 7.1 | 7.2 | 7.6 | 7.4 | 8.1 | 7.8 | 6.4 | 6.1 | 5.8 | 5.6 | 6.8 |
| 15  | 6.2 | 6.7 | 7.5 | 7.5 | 7.9 | 7.8 | 8.4 | 8.2 | 7.1 | 6.4 | 5.8 | 6.0 | 7.1 |
| 18  | 5.5 | 6.4 | 7.5 | 7.5 | 7.9 | 7.8 | 8.3 | 7.9 | 6.6 | 6.3 | 5.4 | 5.1 | 6.8 |
| 21  | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| Día | 5.3 | 5.8 | 6.7 | 6.5 | 7.2 | 7.0 | 7.6 | 7.2 | 5.9 | 5.4 | 5.1 | 5.1 | 6.2 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 10.4 | 10.0 | 9.4  | 7.9  | 5.4  | 6.0  | 8.1  | 7.4  | 7.8  | 8.5  | 9.1  | 8.8  | 9.3   |
|      | 3.23 | 3.57 | 3.65 | 2.81 | 1.96 | 1.68 | 2.06 | 1.57 | 1.54 | 1.62 | 1.73 | 2.18 | 2.64  |
| 25   | 11.3 | 11.0 | 10.3 | 8.7  | 5.9  | 6.6  | 8.9  | 8.1  | 8.5  | 9.3  | 9.9  | 9.6  | 10.2  |
|      | 3.31 | 3.67 | 3.76 | 2.90 | 2.02 | 1.73 | 2.12 | 1.60 | 1.57 | 1.65 | 1.75 | 2.23 | 2.71  |
| 50   | 12.1 | 11.8 | 11.1 | 9.3  | 6.3  | 7.1  | 9.6  | 8.7  | 9.1  | 9.9  | 10.6 | 10.3 | 10.9  |
|      | 3.40 | 3.77 | 3.87 | 2.98 | 2.08 | 1.77 | 2.18 | 1.64 | 1.61 | 1.68 | 1.79 | 2.30 | 2.77  |
| 100  | 13.1 | 12.7 | 12.0 | 10.1 | 6.8  | 7.7  | 10.3 | 9.3  | 9.7  | 10.6 | 11.3 | 11.1 | 11.8  |
|      | 3.32 | 3.67 | 3.74 | 2.88 | 2.01 | 1.72 | 2.12 | 1.61 | 1.58 | 1.67 | 1.77 | 2.24 | 2.72  |
| 200  | 14.3 | 14.1 | 13.3 | 11.2 | 7.6  | 8.5  | 11.3 | 10.0 | 10.4 | 11.4 | 12.1 | 12.1 | 13.0  |
|      | 3.17 | 3.48 | 3.55 | 2.73 | 1.90 | 1.63 | 2.03 | 1.56 | 1.54 | 1.62 | 1.73 | 2.15 | 2.62  |
| Frec | 18.4 | 23.8 | 22.1 | 7.8  | 2.7  | 2.4  | 2.3  | 1.9  | 1.6  | 2.2  | 5.3  | 9.6  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 7.3  | 6.9  | 6.4  | 4.5  | 3.3  | 4.2  | 5.8  | 4.8  | 5.6  | 5.9  | 6.3  | 6.1  | 6.4   |
|      | 2.91 | 3.07 | 3.07 | 2.02 | 1.49 | 1.43 | 1.80 | 1.27 | 1.42 | 1.48 | 1.59 | 2.01 | 2.29  |
| 25   | 8.6  | 8.2  | 7.6  | 5.4  | 3.9  | 5.1  | 6.9  | 5.7  | 6.6  | 7.0  | 7.5  | 7.3  | 7.7   |
|      | 3.11 | 3.31 | 3.31 | 2.18 | 1.61 | 1.54 | 1.91 | 1.33 | 1.48 | 1.52 | 1.65 | 2.15 | 2.43  |
| 50   | 9.9  | 9.4  | 8.8  | 6.2  | 4.6  | 6.0  | 7.9  | 6.5  | 7.4  | 7.9  | 8.4  | 8.4  | 8.8   |
|      | 3.43 | 3.72 | 3.72 | 2.45 | 1.81 | 1.73 | 2.11 | 1.41 | 1.56 | 1.61 | 1.74 | 2.38 | 2.66  |
| 100  | 11.5 | 11.1 | 10.4 | 7.4  | 5.4  | 7.1  | 9.3  | 7.5  | 8.5  | 9.0  | 9.6  | 9.8  | 10.3  |
|      | 3.67 | 3.96 | 3.96 | 2.61 | 1.92 | 1.85 | 2.26 | 1.51 | 1.68 | 1.73 | 1.86 | 2.55 | 2.85  |
| 200  | 14.1 | 13.9 | 12.9 | 9.2  | 6.8  | 8.8  | 11.3 | 8.7  | 9.9  | 10.4 | 11.1 | 12.0 | 12.7  |
|      | 3.52 | 3.78 | 3.78 | 2.49 | 1.84 | 1.76 | 2.17 | 1.46 | 1.63 | 1.67 | 1.81 | 2.44 | 2.77  |
| Frec | 20.3 | 24.3 | 21.0 | 4.9  | 2.2  | 2.4  | 2.3  | 1.8  | 1.6  | 2.5  | 6.1  | 10.7 | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 6.3  | 5.9  | 5.5  | 3.9  | 2.9  | 3.7  | 5.0  | 4.2  | 4.8  | 5.2  | 5.4  | 5.4  | 5.6   |
|      | 2.97 | 3.03 | 3.03 | 2.00 | 1.45 | 1.43 | 1.77 | 1.29 | 1.43 | 1.51 | 1.58 | 2.06 | 2.29  |
| 25   | 7.7  | 7.3  | 6.8  | 4.8  | 3.6  | 4.6  | 6.1  | 5.2  | 5.9  | 6.3  | 6.6  | 6.6  | 6.8   |
|      | 3.15 | 3.25 | 3.25 | 2.14 | 1.55 | 1.52 | 1.87 | 1.34 | 1.48 | 1.55 | 1.63 | 2.18 | 2.41  |
| 50   | 9.0  | 8.5  | 7.9  | 5.6  | 4.2  | 5.5  | 7.1  | 6.0  | 6.8  | 7.3  | 7.6  | 7.7  | 8.0   |
|      | 3.45 | 3.60 | 3.60 | 2.37 | 1.71 | 1.69 | 2.03 | 1.41 | 1.56 | 1.63 | 1.72 | 2.38 | 2.61  |
| 100  | 10.6 | 10.1 | 9.4  | 6.7  | 5.1  | 6.6  | 8.4  | 7.0  | 7.9  | 8.4  | 8.7  | 9.1  | 9.4   |
|      | 3.79 | 3.95 | 3.95 | 2.60 | 1.88 | 1.85 | 2.23 | 1.54 | 1.70 | 1.77 | 1.87 | 2.62 | 2.86  |
| 200  | 12.9 | 12.5 | 11.6 | 8.2  | 6.2  | 8.1  | 10.2 | 8.2  | 9.2  | 9.8  | 10.1 | 11.1 | 11.5  |
|      | 3.63 | 3.78 | 3.78 | 2.49 | 1.80 | 1.77 | 2.15 | 1.49 | 1.65 | 1.73 | 1.82 | 2.51 | 2.78  |
| Frec | 20.6 | 24.1 | 19.8 | 4.7  | 2.2  | 2.3  | 2.3  | 1.8  | 1.7  | 2.7  | 6.4  | 11.4 | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.9  | 4.6  | 4.3  | 3.0  | 2.3  | 3.0  | 3.8  | 3.4  | 3.8  | 4.1  | 4.2  | 4.3  | 4.4   |
|      | 3.05 | 3.03 | 2.98 | 1.94 | 1.45 | 1.41 | 1.73 | 1.34 | 1.44 | 1.54 | 1.65 | 2.19 | 2.31  |
| 25   | 6.5  | 6.0  | 5.6  | 3.9  | 3.1  | 3.9  | 5.0  | 4.4  | 4.9  | 5.4  | 5.5  | 5.7  | 5.7   |
|      | 3.22 | 3.21 | 3.16 | 2.06 | 1.53 | 1.49 | 1.81 | 1.38 | 1.48 | 1.59 | 1.71 | 2.31 | 2.42  |
| 50   | 7.8  | 7.3  | 6.7  | 4.7  | 3.8  | 4.8  | 6.1  | 5.3  | 5.9  | 6.4  | 6.6  | 6.9  | 6.9   |
|      | 3.47 | 3.49 | 3.44 | 2.24 | 1.66 | 1.62 | 1.94 | 1.45 | 1.54 | 1.65 | 1.79 | 2.48 | 2.58  |
| 100  | 9.2  | 8.7  | 8.1  | 5.7  | 4.6  | 5.8  | 7.3  | 6.3  | 7.0  | 7.5  | 7.7  | 8.2  | 8.2   |
|      | 3.94 | 3.97 | 3.91 | 2.55 | 1.89 | 1.84 | 2.18 | 1.57 | 1.66 | 1.78 | 1.94 | 2.82 | 2.88  |
| 200  | 11.2 | 10.6 | 9.9  | 7.0  | 5.6  | 7.1  | 8.7  | 7.5  | 8.2  | 8.8  | 9.1  | 9.9  | 10.0  |
|      | 3.80 | 3.82 | 3.77 | 2.45 | 1.82 | 1.77 | 2.12 | 1.57 | 1.67 | 1.79 | 1.94 | 2.72 | 2.83  |
| Frec | 21.0 | 23.9 | 18.1 | 4.4  | 2.2  | 2.3  | 2.2  | 1.7  | 1.8  | 3.1  | 6.9  | 12.3 | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 8.3     | 531  | 5.7     | 192  | 4.9     | 124 | 3.9     | 59  |
| 25  | 9.1     | 683  | 6.8     | 309  | 6.1     | 221 | 5.1     | 129 |
| 50  | 9.7     | 829  | 7.8     | 442  | 7.1     | 333 | 6.1     | 214 |
| 100 | 10.5    | 1057 | 9.2     | 689  | 8.4     | 521 | 7.3     | 346 |
| 200 | 11.5    | 1432 | 11.3    | 1294 | 10.2    | 964 | 8.9     | 624 |

Gerona

41° 54' 05" N    02° 45' 40" E                    UTM 31   E 480184 m   N 4638937 m                    128 m s.n.m.

Situada en un gran llano unos 100–150 m sobre el nivel del mar. Hacia el W se encuentran algunas colinas de unos 30-m de altura. El anemómetro se encuentra en un edificio de 7-m de altura, a 6 m por encima de la cubierta. La estación está resguardada, en el sector W, por unos árboles que aparecen a una distancia de 200–300 m.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2 | z03 | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |    |     | -10  |      |
| 30   | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |    |     | -1   |      |
| 60   | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 500  | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 500  | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.01 | 750  | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.01 | 2000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |    |     | -1   |      |
| 210  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |    |     | -9   |      |
| 240  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |    |     | -7   |      |
| 270  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |    |     | -11  |      |
| 300  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |    |     | -11  |      |
| 330  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |    |     | -12  |      |

Altura del anemómetro: 13.0 m s.n.s. Período: 72060603–82123118

| Sect  | Frec  | < 1 | 2  | 3  | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 13.6  | 367 | 29 | 85 | 126 | 124 | 99  | 57 | 35 | 22 | 43 | 9  | 3  | 1  | 0   | 4.1 | 1.45 |
| 30    | 7.0   | 687 | 15 | 59 | 85  | 53  | 38  | 23 | 15 | 11 | 13 | 1  | 0  | 0  | 0   | 1.4 | 0.78 |
| 60    | 6.2   | 788 | 14 | 52 | 66  | 38  | 24  | 8  | 5  | 1  | 3  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0.6 | 0.61 |
| 90    | 7.3   | 712 | 23 | 60 | 79  | 56  | 40  | 16 | 4  | 4  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1.1 | 0.75 |
| 120   | 8.3   | 582 | 28 | 81 | 111 | 77  | 52  | 33 | 17 | 10 | 8  | 1  | 0  | 0  | 0   | 2.2 | 1.03 |
| 150   | 13.8  | 354 | 18 | 84 | 113 | 125 | 112 | 74 | 47 | 29 | 39 | 3  | 2  | 0  | 0   | 4.3 | 1.60 |
| 180   | 13.5  | 377 | 19 | 82 | 123 | 120 | 99  | 64 | 41 | 29 | 42 | 4  | 0  | 0  | 0   | 4.1 | 1.51 |
| 210   | 6.0   | 830 | 14 | 38 | 41  | 20  | 19  | 12 | 13 | 5  | 7  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0.4 | 0.52 |
| 240   | 5.5   | 878 | 5  | 32 | 31  | 10  | 10  | 9  | 10 | 7  | 7  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0.2 | 0.44 |
| 270   | 6.3   | 796 | 21 | 76 | 67  | 18  | 7   | 7  | 3  | 3  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0.5 | 0.60 |
| 300   | 6.0   | 805 | 20 | 62 | 57  | 26  | 12  | 9  | 4  | 1  | 2  | 0  | 2  | 0  | 0   | 0.5 | 0.56 |
| 330   | 6.6   | 691 | 18 | 87 | 91  | 48  | 29  | 10 | 7  | 7  | 6  | 4  | 0  | 1  | 1   | 1.2 | 0.76 |
| Total | 100.0 | 589 | 20 | 71 | 92  | 74  | 58  | 35 | 22 | 14 | 20 | 3  | 1  | 0  | 0   | 2.3 | 0.98 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.5 | 1.3 | 0.6 |
| 3   | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 1.0 | 0.5 |
| 6   | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 1.2 | 0.6 |
| 9   | 1.2 | 1.2 | 1.7 | 2.1 | 2.1 | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.3 | 1.0 | 0.9 | 1.1 | 1.5 |
| 12  | 2.1 | 3.3 | 3.8 | 4.2 | 4.5 | 4.2 | 4.1 | 4.0 | 3.1 | 3.3 | 2.3 | 2.2 | 3.4 |
| 15  | 3.3 | 4.1 | 5.3 | 5.5 | 5.4 | 5.2 | 5.8 | 5.5 | 4.7 | 4.3 | 3.2 | 3.2 | 4.6 |
| 18  | 1.8 | 2.4 | 3.4 | 3.9 | 4.0 | 3.7 | 4.3 | 3.7 | 3.1 | 2.0 | 1.2 | 1.7 | 2.9 |
| 21  | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 1.4 | 1.0 |
| Día | 1.7 | 2.1 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.7 | 1.4 | 1.7 | 2.0 |

**Clase de rugosidad 0**

| z    | 0           | 30          | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210         | 240         | 270         | 300         | 330         | Total       |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10   | 7.2<br>1.37 | 6.0<br>1.26 | 1.8<br>0.77 | 1.7<br>0.81 | 2.9<br>1.06 | 5.8<br>1.67 | 6.1<br>1.81 | 4.1<br>1.22 | 0.6<br>0.49 | 0.9<br>0.59 | 1.1<br>0.63 | 1.9<br>0.70 | 3.8<br>1.02 |
| 25   | 7.8<br>1.38 | 6.5<br>1.27 | 2.0<br>0.79 | 1.9<br>0.83 | 3.2<br>1.10 | 6.3<br>1.73 | 6.7<br>1.87 | 4.5<br>1.26 | 0.6<br>0.50 | 1.0<br>0.60 | 1.2<br>0.65 | 2.1<br>0.71 | 4.2<br>1.03 |
| 50   | 8.3<br>1.41 | 7.0<br>1.31 | 2.2<br>0.81 | 2.0<br>0.85 | 3.4<br>1.12 | 6.8<br>1.77 | 7.2<br>1.92 | 4.9<br>1.29 | 0.7<br>0.50 | 1.0<br>0.61 | 1.3<br>0.66 | 2.3<br>0.73 | 4.5<br>1.05 |
| 100  | 8.9<br>1.40 | 7.5<br>1.29 | 2.4<br>0.79 | 2.2<br>0.83 | 3.7<br>1.09 | 7.3<br>1.71 | 7.8<br>1.86 | 5.3<br>1.25 | 0.7<br>0.50 | 1.1<br>0.60 | 1.4<br>0.65 | 2.4<br>0.72 | 4.9<br>1.04 |
| 200  | 9.5<br>1.37 | 8.0<br>1.25 | 2.5<br>0.76 | 2.3<br>0.79 | 4.0<br>1.04 | 8.1<br>1.62 | 8.6<br>1.76 | 5.7<br>1.19 | 0.7<br>0.49 | 1.2<br>0.58 | 1.5<br>0.63 | 2.5<br>0.70 | 5.3<br>1.02 |
| Frec | 10.7        | 9.7         | 6.5         | 6.9         | 7.9         | 11.6        | 13.6        | 8.9         | 5.7         | 5.9         | 6.2         | 6.4         | 100.0       |

**Clase de rugosidad 1**

| z    | 0           | 30          | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210         | 240         | 270         | 300         | 330         | Total       |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10   | 5.5<br>1.35 | 3.0<br>0.95 | 1.2<br>0.70 | 1.2<br>0.76 | 2.1<br>0.97 | 4.3<br>1.50 | 4.1<br>1.49 | 1.6<br>0.75 | 0.9<br>0.60 | 1.1<br>0.71 | 1.1<br>0.69 | 1.6<br>0.70 | 2.7<br>0.95 |
| 25   | 6.5<br>1.40 | 3.6<br>0.99 | 1.5<br>0.75 | 1.5<br>0.81 | 2.6<br>1.03 | 5.1<br>1.62 | 4.9<br>1.61 | 2.0<br>0.80 | 1.0<br>0.62 | 1.4<br>0.75 | 1.4<br>0.73 | 1.9<br>0.72 | 3.2<br>0.99 |
| 50   | 7.4<br>1.47 | 4.2<br>1.05 | 1.8<br>0.82 | 1.9<br>0.90 | 3.1<br>1.15 | 6.0<br>1.82 | 5.7<br>1.81 | 2.4<br>0.86 | 1.3<br>0.66 | 1.8<br>0.83 | 1.8<br>0.80 | 2.2<br>0.75 | 3.8<br>1.06 |
| 100  | 8.4<br>1.57 | 4.9<br>1.12 | 2.2<br>0.87 | 2.3<br>0.95 | 3.8<br>1.22 | 7.1<br>1.93 | 6.8<br>1.92 | 2.9<br>0.91 | 1.5<br>0.70 | 2.2<br>0.88 | 2.2<br>0.85 | 2.6<br>0.80 | 4.6<br>1.12 |
| 200  | 9.7<br>1.52 | 5.7<br>1.09 | 2.7<br>0.83 | 2.8<br>0.91 | 4.7<br>1.17 | 8.8<br>1.85 | 8.4<br>1.84 | 3.4<br>0.88 | 1.8<br>0.68 | 2.6<br>0.84 | 2.6<br>0.81 | 3.0<br>0.77 | 5.5<br>1.10 |
| Frec | 12.3        | 8.2         | 6.3         | 7.2         | 8.1         | 13.0        | 13.6        | 6.9         | 5.6         | 6.1         | 6.1         | 6.5         | 100.0       |

**Clase de rugosidad 2**

| z    | 0           | 30          | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210         | 240         | 270         | 300         | 330         | Total       |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10   | 4.9<br>1.39 | 2.1<br>0.87 | 0.9<br>0.68 | 1.0<br>0.74 | 1.9<br>0.99 | 3.8<br>1.54 | 3.5<br>1.49 | 1.1<br>0.68 | 0.6<br>0.58 | 1.0<br>0.72 | 1.0<br>0.69 | 1.5<br>0.72 | 2.3<br>0.94 |
| 25   | 6.0<br>1.44 | 2.6<br>0.90 | 1.2<br>0.72 | 1.3<br>0.78 | 2.5<br>1.06 | 4.7<br>1.65 | 4.4<br>1.59 | 1.4<br>0.71 | 0.8<br>0.59 | 1.3<br>0.76 | 1.3<br>0.73 | 1.8<br>0.74 | 2.9<br>0.98 |
| 50   | 6.9<br>1.50 | 3.1<br>0.95 | 1.5<br>0.78 | 1.6<br>0.85 | 3.0<br>1.16 | 5.6<br>1.83 | 5.2<br>1.76 | 1.7<br>0.75 | 1.0<br>0.62 | 1.6<br>0.83 | 1.6<br>0.79 | 2.2<br>0.77 | 3.5<br>1.04 |
| 100  | 8.0<br>1.62 | 3.8<br>1.03 | 1.9<br>0.85 | 2.0<br>0.92 | 3.6<br>1.27 | 6.7<br>2.01 | 6.2<br>1.93 | 2.1<br>0.81 | 1.2<br>0.66 | 2.0<br>0.90 | 2.0<br>0.85 | 2.6<br>0.82 | 4.2<br>1.11 |
| 200  | 9.3<br>1.58 | 4.4<br>1.00 | 2.3<br>0.81 | 2.4<br>0.88 | 4.4<br>1.22 | 8.2<br>1.92 | 7.6<br>1.85 | 2.4<br>0.79 | 1.4<br>0.65 | 2.4<br>0.86 | 2.4<br>0.82 | 3.0<br>0.80 | 5.0<br>1.10 |
| Frec | 12.9        | 7.7         | 6.3         | 7.3         | 8.2         | 13.5        | 13.6        | 6.2         | 5.6         | 6.2         | 6.0         | 6.5         | 100.0       |

**Clase de rugosidad 3**

| z    | 0           | 30          | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210         | 240         | 270         | 300         | 330         | Total       |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10   | 4.0<br>1.42 | 1.2<br>0.77 | 0.5<br>0.62 | 0.9<br>0.77 | 1.7<br>1.05 | 3.0<br>1.56 | 2.8<br>1.49 | 0.4<br>0.51 | 0.2<br>0.46 | 0.5<br>0.60 | 0.5<br>0.56 | 1.4<br>0.76 | 1.7<br>0.91 |
| 25   | 5.1<br>1.46 | 1.6<br>0.80 | 0.8<br>0.65 | 1.2<br>0.81 | 2.3<br>1.11 | 4.0<br>1.65 | 3.7<br>1.57 | 0.5<br>0.52 | 0.3<br>0.46 | 0.7<br>0.62 | 0.6<br>0.58 | 1.8<br>0.78 | 2.3<br>0.94 |
| 50   | 6.1<br>1.52 | 2.0<br>0.84 | 1.0<br>0.69 | 1.5<br>0.87 | 2.8<br>1.19 | 4.8<br>1.79 | 4.4<br>1.71 | 0.6<br>0.53 | 0.3<br>0.47 | 0.9<br>0.66 | 0.8<br>0.60 | 2.2<br>0.81 | 2.8<br>0.98 |
| 100  | 7.2<br>1.62 | 2.5<br>0.92 | 1.3<br>0.76 | 1.9<br>0.98 | 3.5<br>1.35 | 5.9<br>2.04 | 5.4<br>1.94 | 0.7<br>0.55 | 0.4<br>0.48 | 1.1<br>0.73 | 1.0<br>0.64 | 2.7<br>0.85 | 3.4<br>1.04 |
| 200  | 8.4<br>1.63 | 2.9<br>0.90 | 1.5<br>0.74 | 2.3<br>0.94 | 4.2<br>1.30 | 7.2<br>1.97 | 6.6<br>1.87 | 0.9<br>0.56 | 0.5<br>0.49 | 1.4<br>0.71 | 1.2<br>0.64 | 3.1<br>0.86 | 4.1<br>1.05 |
| Frec | 13.5        | 7.0         | 6.4         | 7.3         | 8.6         | 13.9        | 12.7        | 6.0         | 5.5         | 6.3         | 6.0         | 6.8         | 100.0       |

| z   | Clase 0 |     | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 3.8     | 192 | 2.7     | 87  | 2.4     | 58  | 1.8     | 28  |
| 25  | 4.1     | 241 | 3.3     | 132 | 2.9     | 96  | 2.4     | 57  |
| 50  | 4.4     | 283 | 3.7     | 168 | 3.4     | 132 | 2.8     | 88  |
| 100 | 4.8     | 364 | 4.4     | 235 | 4.0     | 183 | 3.4     | 128 |
| 200 | 5.2     | 503 | 5.3     | 432 | 4.8     | 330 | 4.1     | 220 |

Granada

37° 11' 00" N    03° 47' 00" W                    UTM 30   E 430466 m   N 4115565 m                    569 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto, a 6 km al W de la ciudad de Granada. El aeropuerto se encuentra en una ancha llanura y tiene Sierra Nevada (3000 m) a 40 km hacia el E.  
El anemómetro está instalado a 4 m por encima de la cubierta de un edificio de 6-m de altura.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 500  | 0.15 | 7000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.01 | 750  | 0.15 | 7000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 1500 | 0.15 | 7000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -2   |      |
| 90   | 0.01 | 1500 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -16  |      |
| 120  | 0.01 | 750  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -14  |      |
| 150  | 0.01 | 500  | 0.15 | 3000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -17  |      |
| 180  | 0.01 | 500  | 0.15 | 3000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -17  |      |
| 210  | 0.01 | 750  | 0.15 | 3000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -18  |      |
| 240  | 0.01 | 500  | 0.15 | 6000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -14  |      |
| 270  | 0.01 | 1000 | 0.15 | 3000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -3   |      |
| 300  | 0.01 | 1000 | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.01 | 750  | 0.15 | 7000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 10.0 m s.n.s. Período: 72060612-82123118

| Sect  | Frec  | <1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 8.9   | 545 | 33 | 113 | 98  | 66  | 51  | 36 | 18 | 20 | 17 | 2  | 0  | 0  | 1   | 2.4 | 1.05 |
| 30    | 6.7   | 744 | 21 | 53  | 39  | 37  | 25  | 18 | 20 | 18 | 20 | 1  | 2  | 1  | 1   | 1.0 | 0.63 |
| 60    | 5.4   | 863 | 11 | 36  | 22  | 15  | 16  | 16 | 6  | 3  | 10 | 1  | 0  | 1  | 0   | 0.2 | 0.45 |
| 90    | 5.6   | 860 | 10 | 44  | 39  | 23  | 6   | 6  | 3  | 3  | 6  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.3 | 0.51 |
| 120   | 5.4   | 909 | 6  | 27  | 16  | 11  | 5   | 8  | 7  | 1  | 6  | 4  | 0  | 0  | 0   | 0.3 | 0.51 |
| 150   | 6.7   | 728 | 18 | 39  | 33  | 25  | 22  | 32 | 39 | 21 | 34 | 4  | 3  | 2  | 0   | 1.2 | 0.66 |
| 180   | 12.3  | 410 | 25 | 89  | 61  | 75  | 66  | 68 | 57 | 64 | 65 | 15 | 3  | 1  | 0   | 4.2 | 1.30 |
| 210   | 7.3   | 645 | 25 | 82  | 73  | 58  | 41  | 24 | 20 | 18 | 11 | 1  | 0  | 2  | 0   | 1.7 | 0.84 |
| 240   | 8.7   | 541 | 31 | 103 | 86  | 68  | 50  | 49 | 35 | 16 | 17 | 3  | 0  | 1  | 0   | 2.5 | 1.04 |
| 270   | 16.8  | 296 | 31 | 118 | 144 | 124 | 101 | 74 | 51 | 34 | 22 | 4  | 1  | 0  | 0   | 4.2 | 1.66 |
| 300   | 7.8   | 587 | 23 | 68  | 76  | 58  | 40  | 62 | 39 | 30 | 15 | 2  | 0  | 0  | 0   | 2.4 | 0.97 |
| 330   | 8.2   | 622 | 33 | 95  | 92  | 59  | 41  | 24 | 15 | 13 | 5  | 0  | 0  | 0  | 1   | 1.7 | 0.92 |
| Total | 100.0 | 583 | 24 | 81  | 76  | 62  | 48  | 42 | 31 | 25 | 22 | 4  | 1  | 1  | 0   | 2.3 | 0.95 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 3   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 6   | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 0.4 |
| 9   | 0.6 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.5 | 0.3 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 0.8 |
| 12  | 1.7 | 2.1 | 2.8 | 3.2 | 3.3 | 2.8 | 2.7 | 2.8 | 2.2 | 2.1 | 1.6 | 1.7 | 2.4 |
| 15  | 2.6 | 3.8 | 4.6 | 4.7 | 5.2 | 4.9 | 5.2 | 4.2 | 4.3 | 4.0 | 2.7 | 2.5 | 4.1 |
| 18  | 2.3 | 3.5 | 4.5 | 4.6 | 5.0 | 5.1 | 5.7 | 4.8 | 4.3 | 3.2 | 2.2 | 2.2 | 4.1 |
| 21  | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| Día | 1.5 | 2.2 | 2.7 | 2.8 | 3.0 | 2.8 | 2.9 | 2.5 | 2.3 | 2.1 | 1.6 | 1.6 | 2.3 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.6  | 2.7  | 1.0  | 1.2  | 1.2  | 1.4  | 6.7  | 5.3  | 4.2  | 6.3  | 5.4  | 3.1  | 3.9   |
|      | 1.15 | 0.92 | 0.63 | 0.71 | 0.70 | 0.59 | 1.22 | 1.10 | 1.11 | 1.78 | 1.60 | 1.08 | 1.02  |
| 25   | 3.9  | 3.0  | 1.2  | 1.3  | 1.3  | 1.5  | 7.3  | 5.7  | 4.7  | 6.9  | 6.0  | 3.5  | 4.3   |
|      | 1.18 | 0.94 | 0.64 | 0.73 | 0.71 | 0.60 | 1.23 | 1.12 | 1.13 | 1.84 | 1.65 | 1.11 | 1.04  |
| 50   | 4.3  | 3.3  | 1.3  | 1.4  | 1.4  | 1.6  | 7.8  | 6.2  | 5.0  | 7.4  | 6.4  | 3.8  | 4.7   |
|      | 1.21 | 0.97 | 0.65 | 0.75 | 0.73 | 0.60 | 1.25 | 1.13 | 1.16 | 1.89 | 1.69 | 1.13 | 1.05  |
| 100  | 4.6  | 3.5  | 1.3  | 1.5  | 1.5  | 1.8  | 8.3  | 6.6  | 5.4  | 8.1  | 7.0  | 4.0  | 5.0   |
|      | 1.17 | 0.94 | 0.64 | 0.73 | 0.71 | 0.60 | 1.24 | 1.13 | 1.13 | 1.83 | 1.64 | 1.10 | 1.04  |
| 200  | 5.0  | 3.7  | 1.4  | 1.6  | 1.6  | 1.8  | 8.8  | 7.0  | 5.8  | 8.9  | 7.7  | 4.4  | 5.4   |
|      | 1.12 | 0.90 | 0.62 | 0.70 | 0.68 | 0.60 | 1.22 | 1.10 | 1.09 | 1.73 | 1.55 | 1.04 | 1.03  |
| Frec | 8.7  | 7.6  | 5.9  | 5.5  | 5.5  | 6.2  | 10.2 | 9.2  | 8.2  | 13.9 | 11.2 | 8.0  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.5  | 1.3  | 0.4  | 0.7  | 0.6  | 1.4  | 5.2  | 2.8  | 3.0  | 4.5  | 3.0  | 1.9  | 2.6   |
|      | 0.99 | 0.69 | 0.49 | 0.61 | 0.57 | 0.63 | 1.23 | 0.91 | 1.01 | 1.58 | 1.13 | 0.90 | 0.91  |
| 25   | 3.0  | 1.6  | 0.4  | 0.8  | 0.8  | 1.6  | 6.2  | 3.4  | 3.7  | 5.4  | 3.7  | 2.4  | 3.2   |
|      | 1.06 | 0.73 | 0.51 | 0.64 | 0.60 | 0.63 | 1.27 | 0.94 | 1.07 | 1.71 | 1.21 | 0.96 | 0.95  |
| 50   | 3.6  | 1.9  | 0.6  | 1.1  | 1.0  | 1.8  | 7.0  | 3.9  | 4.3  | 6.3  | 4.4  | 2.9  | 3.7   |
|      | 1.18 | 0.77 | 0.53 | 0.70 | 0.65 | 0.65 | 1.32 | 0.99 | 1.16 | 1.92 | 1.35 | 1.07 | 1.01  |
| 100  | 4.4  | 2.3  | 0.7  | 1.3  | 1.2  | 2.1  | 7.9  | 4.6  | 5.1  | 7.4  | 5.2  | 3.5  | 4.4   |
|      | 1.26 | 0.82 | 0.56 | 0.74 | 0.68 | 0.67 | 1.41 | 1.06 | 1.24 | 2.05 | 1.44 | 1.13 | 1.07  |
| 200  | 5.4  | 2.7  | 0.8  | 1.6  | 1.5  | 2.3  | 9.0  | 5.3  | 6.1  | 9.2  | 6.5  | 4.3  | 5.3   |
|      | 1.20 | 0.80 | 0.55 | 0.71 | 0.66 | 0.67 | 1.37 | 1.03 | 1.19 | 1.95 | 1.37 | 1.09 | 1.06  |
| Frec | 8.8  | 7.0  | 5.6  | 5.5  | 5.4  | 6.5  | 11.5 | 8.0  | 8.5  | 15.9 | 9.1  | 8.1  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.2  | 0.9  | 0.2  | 0.4  | 0.3  | 1.3  | 4.7  | 2.1  | 2.7  | 3.9  | 2.3  | 1.6  | 2.2   |
|      | 1.01 | 0.65 | 0.47 | 0.53 | 0.48 | 0.65 | 1.27 | 0.86 | 1.02 | 1.63 | 1.03 | 0.88 | 0.90  |
| 25   | 2.8  | 1.2  | 0.3  | 0.5  | 0.4  | 1.6  | 5.7  | 2.7  | 3.3  | 4.9  | 2.9  | 2.0  | 2.8   |
|      | 1.08 | 0.67 | 0.48 | 0.56 | 0.49 | 0.65 | 1.30 | 0.89 | 1.07 | 1.74 | 1.10 | 0.94 | 0.93  |
| 50   | 3.4  | 1.5  | 0.4  | 0.7  | 0.5  | 1.9  | 6.6  | 3.1  | 4.0  | 5.8  | 3.5  | 2.5  | 3.3   |
|      | 1.19 | 0.70 | 0.50 | 0.60 | 0.51 | 0.67 | 1.35 | 0.94 | 1.15 | 1.92 | 1.21 | 1.02 | 0.98  |
| 100  | 4.2  | 1.8  | 0.5  | 0.9  | 0.6  | 2.2  | 7.6  | 3.8  | 4.8  | 6.9  | 4.3  | 3.0  | 4.0   |
|      | 1.29 | 0.76 | 0.53 | 0.64 | 0.54 | 0.69 | 1.44 | 1.02 | 1.26 | 2.11 | 1.32 | 1.12 | 1.05  |
| 200  | 5.1  | 2.1  | 0.6  | 1.0  | 0.7  | 2.5  | 8.7  | 4.4  | 5.7  | 8.5  | 5.3  | 3.7  | 4.8   |
|      | 1.24 | 0.74 | 0.52 | 0.62 | 0.53 | 0.69 | 1.42 | 0.99 | 1.21 | 2.02 | 1.27 | 1.07 | 1.04  |
| Frec | 8.9  | 6.8  | 5.5  | 5.5  | 5.4  | 6.6  | 12.0 | 7.6  | 8.7  | 16.6 | 8.3  | 8.2  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 1.7  | 0.7  | 0.5  | 0.5  | 0.4  | 1.4  | 3.7  | 1.5  | 2.3  | 3.1  | 1.6  | 1.3  | 1.8   |
|      | 0.98 | 0.63 | 0.62 | 0.63 | 0.55 | 0.72 | 1.27 | 0.85 | 1.11 | 1.62 | 0.96 | 0.89 | 0.92  |
| 25   | 2.3  | 0.9  | 0.7  | 0.7  | 0.5  | 1.8  | 4.8  | 2.0  | 3.1  | 4.1  | 2.2  | 1.7  | 2.4   |
|      | 1.02 | 0.64 | 0.65 | 0.66 | 0.56 | 0.73 | 1.30 | 0.88 | 1.16 | 1.72 | 1.02 | 0.94 | 0.95  |
| 50   | 2.8  | 1.1  | 0.9  | 0.9  | 0.6  | 2.1  | 5.7  | 2.5  | 3.8  | 4.9  | 2.7  | 2.2  | 2.9   |
|      | 1.11 | 0.67 | 0.69 | 0.70 | 0.58 | 0.74 | 1.34 | 0.92 | 1.25 | 1.87 | 1.10 | 1.01 | 0.99  |
| 100  | 3.5  | 1.4  | 1.1  | 1.2  | 0.8  | 2.5  | 6.7  | 3.1  | 4.6  | 6.0  | 3.4  | 2.7  | 3.6   |
|      | 1.25 | 0.72 | 0.76 | 0.78 | 0.62 | 0.76 | 1.42 | 1.00 | 1.41 | 2.12 | 1.24 | 1.13 | 1.06  |
| 200  | 4.2  | 1.7  | 1.4  | 1.4  | 1.0  | 2.9  | 7.8  | 3.7  | 5.6  | 7.3  | 4.1  | 3.3  | 4.3   |
|      | 1.21 | 0.71 | 0.74 | 0.76 | 0.62 | 0.78 | 1.44 | 0.99 | 1.36 | 2.05 | 1.19 | 1.10 | 1.07  |
| Frec | 8.8  | 6.6  | 5.3  | 5.6  | 5.4  | 7.0  | 12.1 | 7.4  | 9.5  | 16.2 | 7.9  | 8.2  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |     | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 3.9     | 208 | 2.7     | 95  | 2.3     | 62  | 1.9     | 30  |
| 25  | 4.3     | 259 | 3.2     | 141 | 2.9     | 105 | 2.5     | 62  |
| 50  | 4.6     | 307 | 3.7     | 183 | 3.3     | 142 | 2.9     | 95  |
| 100 | 4.9     | 391 | 4.3     | 248 | 3.9     | 195 | 3.5     | 135 |
| 200 | 5.4     | 534 | 5.2     | 448 | 4.7     | 341 | 4.2     | 231 |

La Coruña

43° 08' 00" N    08° 23' 00" W            UTM 29   E 550157 m   N 4775892 m            97 m s.n.m.

Situada a 6 km al S de la ciudad de La Coruña, en una llanura de 100 m de altitud. La distancia al Océano Atlántico es de 4 km. La pendiente hacia el mar es uniforme.

| Sect | z01  | x1  | z02  | x2    | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|-----|------|-------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.10 | 400 | 0.30 | 4000  | 0.00 |    |     |    |     |    |     | -7   | 5    |
| 30   | 0.10 | 500 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      | 4    |
| 60   | 0.01 | 250 | 0.10 | 500   | 0.30 |    |     |    |     |    |     | 3    | -1   |
| 90   | 0.01 | 250 | 0.10 | 500   | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -2   | -4   |
| 120  | 0.01 | 250 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     | -10  | -4   |
| 150  | 0.01 | 250 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     | -13  | 1    |
| 180  | 0.01 | 500 | 0.10 | 3000  | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -8   | 4    |
| 210  | 0.01 | 750 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     | -1   | 3    |
| 240  | 0.10 | 750 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     | 3    | -1   |
| 270  | 0.10 | 500 | 0.30 | 14000 | 0.00 |    |     |    |     |    |     | -2   | -4   |
| 300  | 0.10 | 300 | 0.30 | 9000  | 0.00 |    |     |    |     |    |     | -10  | -4   |
| 330  | 0.10 | 250 | 0.30 | 9000  | 0.00 |    |     |    |     |    |     | -14  | 1    |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s. Período: 72060612-82123115

| Sect  | Frec  | < 1 | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 17.2  | 100 | 10 | 191 | 153 | 192 | 124 | 107 | 76  | 16 | 28 | 3  | 0  | 0  | 0   | 5.0 | 2.21 |
| 30    | 6.7   | 313 | 9  | 135 | 90  | 136 | 84  | 93  | 78  | 27 | 34 | 1  | 0  | 0  | 0   | 4.4 | 1.70 |
| 60    | 3.1   | 573 | 16 | 68  | 47  | 62  | 40  | 88  | 63  | 28 | 15 | 0  | 0  | 0  | 0   | 2.6 | 1.02 |
| 90    | 2.4   | 740 | 15 | 97  | 46  | 34  | 21  | 15  | 16  | 7  | 9  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.9 | 0.68 |
| 120   | 3.7   | 513 | 16 | 191 | 109 | 90  | 23  | 15  | 17  | 3  | 17 | 0  | 1  | 5  | 0   | 2.6 | 1.11 |
| 150   | 12.3  | 153 | 23 | 374 | 202 | 117 | 47  | 30  | 29  | 7  | 11 | 5  | 3  | 0  | 0   | 3.5 | 1.46 |
| 180   | 13.4  | 112 | 9  | 170 | 104 | 123 | 100 | 101 | 120 | 38 | 89 | 18 | 8  | 6  | 1   | 6.0 | 1.84 |
| 210   | 9.0   | 202 | 6  | 63  | 76  | 143 | 114 | 118 | 141 | 37 | 65 | 23 | 5  | 6  | 0   | 6.1 | 2.03 |
| 240   | 5.8   | 300 | 1  | 75  | 127 | 134 | 128 | 75  | 88  | 25 | 37 | 5  | 2  | 3  | 0   | 4.9 | 1.79 |
| 270   | 5.2   | 346 | 3  | 122 | 111 | 130 | 99  | 87  | 57  | 16 | 24 | 4  | 1  | 0  | 0   | 4.2 | 1.61 |
| 300   | 7.6   | 236 | 17 | 123 | 87  | 127 | 105 | 123 | 81  | 13 | 29 | 8  | 0  | 1  | 49  | 5.5 | 1.00 |
| 330   | 13.6  | 145 | 5  | 130 | 129 | 178 | 138 | 121 | 89  | 27 | 32 | 4  | 1  | 0  | 0   | 5.3 | 2.30 |
| Total | 100.0 | 218 | 11 | 166 | 122 | 140 | 98  | 91  | 80  | 22 | 38 | 7  | 2  | 2  | 4   | 4.9 | 1.51 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 3   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 6   | 4.1 | 4.1 | 3.5 | 2.4 | 2.5 | 1.7 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 2.9 | 3.4 | 3.5 | 2.5 |
| 9   | 3.7 | 3.9 | 3.5 | 2.9 | 3.2 | 3.1 | 2.7 | 2.0 | 2.2 | 3.0 | 3.1 | 4.1 | 3.1 |
| 12  | 4.0 | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.2 | 5.0 | 4.8 | 4.5 | 4.3 | 4.2 | 3.6 | 4.1 | 4.5 |
| 15  | 4.4 | 5.6 | 5.9 | 6.1 | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 4.8 | 4.1 | 4.6 | 5.3 |
| 18  | 0.0 | 0.0 | 7.7 | 2.1 | 6.2 | 4.6 | 4.6 | 0.0 | 2.6 | 0.0 | 3.1 | 0.0 | 4.6 |
| 21  | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| Día | 4.0 | 4.6 | 4.5 | 4.2 | 4.2 | 3.9 | 3.7 | 3.5 | 3.4 | 3.8 | 3.6 | 4.2 | 3.9 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Tbotal |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 10   | 9.2  | 9.0  | 6.8  | 3.1  | 4.4  | 7.2  | 9.3  | 10.1 | 9.6  | 8.1  | 9.1  | 10.7 | 8.9    |
|      | 2.07 | 2.28 | 1.51 | 0.94 | 1.11 | 1.53 | 1.76 | 2.13 | 2.12 | 1.70 | 1.78 | 2.18 | 1.81   |
| 25   | 10.0 | 9.8  | 7.4  | 3.4  | 4.8  | 7.9  | 10.1 | 11.0 | 10.4 | 8.9  | 9.9  | 11.7 | 9.7    |
|      | 2.12 | 2.33 | 1.54 | 0.96 | 1.13 | 1.56 | 1.79 | 2.17 | 2.15 | 1.73 | 1.81 | 2.21 | 1.84   |
| 50   | 10.7 | 10.5 | 8.0  | 3.7  | 5.2  | 8.4  | 10.8 | 11.8 | 11.2 | 9.5  | 10.6 | 12.4 | 10.3   |
|      | 2.17 | 2.40 | 1.58 | 0.99 | 1.16 | 1.60 | 1.83 | 2.22 | 2.21 | 1.78 | 1.85 | 2.26 | 1.88   |
| 100  | 11.5 | 11.3 | 8.6  | 3.9  | 5.5  | 9.0  | 11.5 | 12.6 | 11.9 | 10.2 | 11.4 | 13.3 | 11.1   |
|      | 2.13 | 2.34 | 1.55 | 0.97 | 1.13 | 1.57 | 1.81 | 2.19 | 2.17 | 1.74 | 1.83 | 2.24 | 1.86   |
| 200  | 12.5 | 12.4 | 9.3  | 4.2  | 5.9  | 9.7  | 12.3 | 13.6 | 12.9 | 11.0 | 12.2 | 14.3 | 12.0   |
|      | 2.05 | 2.24 | 1.50 | 0.93 | 1.10 | 1.52 | 1.76 | 2.13 | 2.10 | 1.68 | 1.77 | 2.18 | 1.81   |
| Frec | 16.4 | 9.4  | 3.8  | 2.4  | 3.3  | 10.2 | 13.8 | 9.9  | 6.0  | 4.9  | 6.9  | 13.1 | 100.0  |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Tbotal |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 10   | 6.1  | 6.2  | 3.8  | 1.5  | 3.3  | 5.2  | 7.2  | 7.1  | 6.7  | 5.4  | 6.6  | 7.7  | 6.2    |
|      | 1.81 | 1.78 | 1.14 | 0.75 | 1.05 | 1.41 | 1.77 | 1.99 | 1.82 | 1.45 | 1.65 | 2.01 | 1.62   |
| 25   | 7.2  | 7.4  | 4.5  | 1.9  | 4.0  | 6.2  | 8.4  | 8.4  | 7.9  | 6.5  | 7.8  | 9.1  | 7.4    |
|      | 1.93 | 1.87 | 1.20 | 0.78 | 1.11 | 1.48 | 1.83 | 2.07 | 1.90 | 1.52 | 1.71 | 2.08 | 1.69   |
| 50   | 8.3  | 8.4  | 5.3  | 2.3  | 4.7  | 7.0  | 9.5  | 9.5  | 8.9  | 7.4  | 8.8  | 10.2 | 8.4    |
|      | 2.12 | 2.01 | 1.29 | 0.85 | 1.20 | 1.58 | 1.92 | 2.20 | 2.03 | 1.65 | 1.81 | 2.19 | 1.79   |
| 100  | 9.7  | 9.7  | 6.2  | 2.8  | 5.5  | 8.1  | 10.8 | 10.8 | 10.2 | 8.6  | 10.1 | 11.6 | 9.6    |
|      | 2.27 | 2.16 | 1.38 | 0.90 | 1.28 | 1.70 | 2.06 | 2.37 | 2.18 | 1.77 | 1.94 | 2.35 | 1.92   |
| 200  | 11.7 | 11.5 | 7.3  | 3.3  | 6.5  | 9.6  | 12.4 | 12.7 | 11.9 | 10.2 | 11.7 | 13.4 | 11.3   |
|      | 2.18 | 2.08 | 1.33 | 0.87 | 1.23 | 1.64 | 2.00 | 2.30 | 2.11 | 1.71 | 1.88 | 2.28 | 1.88   |
| Frec | 16.7 | 6.8  | 3.0  | 2.3  | 3.6  | 12.5 | 13.7 | 8.7  | 5.2  | 4.9  | 7.6  | 14.8 | 100.0  |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Tbotal |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 10   | 5.2  | 5.3  | 2.8  | 1.3  | 2.8  | 4.5  | 6.5  | 6.2  | 5.8  | 4.7  | 5.8  | 6.7  | 5.4    |
|      | 1.82 | 1.68 | 1.04 | 0.75 | 1.04 | 1.40 | 1.86 | 2.03 | 1.80 | 1.44 | 1.68 | 2.02 | 1.62   |
| 25   | 6.3  | 6.5  | 3.5  | 1.7  | 3.5  | 5.5  | 7.8  | 7.5  | 7.0  | 5.8  | 7.1  | 8.2  | 6.6    |
|      | 1.94 | 1.75 | 1.08 | 0.78 | 1.08 | 1.46 | 1.91 | 2.10 | 1.87 | 1.50 | 1.74 | 2.08 | 1.68   |
| 50   | 7.4  | 7.5  | 4.2  | 2.0  | 4.2  | 6.4  | 9.0  | 8.7  | 8.1  | 6.7  | 8.2  | 9.4  | 7.6    |
|      | 2.12 | 1.85 | 1.16 | 0.84 | 1.15 | 1.55 | 1.99 | 2.23 | 1.98 | 1.61 | 1.83 | 2.18 | 1.77   |
| 100  | 8.8  | 8.8  | 5.0  | 2.5  | 5.0  | 7.5  | 10.3 | 10.0 | 9.3  | 7.8  | 9.4  | 10.7 | 8.9    |
|      | 2.32 | 2.03 | 1.26 | 0.91 | 1.26 | 1.70 | 2.15 | 2.44 | 2.16 | 1.76 | 1.99 | 2.37 | 1.92   |
| 200  | 10.7 | 10.3 | 5.9  | 3.0  | 5.9  | 8.8  | 11.9 | 11.7 | 10.9 | 9.3  | 11.0 | 12.4 | 10.4   |
|      | 2.23 | 1.96 | 1.23 | 0.88 | 1.22 | 1.64 | 2.11 | 2.36 | 2.09 | 1.70 | 1.93 | 2.31 | 1.88   |
| Frec | 16.8 | 5.9  | 2.8  | 2.3  | 3.8  | 13.4 | 13.7 | 8.2  | 5.0  | 4.9  | 7.8  | 15.5 | 100.0  |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.0  | 4.1  | 2.1  | 1.1  | 2.9  | 3.7  | 5.1  | 4.8  | 4.4  | 3.8  | 4.7  | 5.1  | 4.3   |
|      | 1.81 | 1.63 | 1.01 | 0.77 | 1.28 | 1.44 | 1.88 | 2.02 | 1.78 | 1.46 | 1.76 | 1.96 | 1.63  |
| 25   | 5.3  | 5.4  | 2.8  | 1.5  | 3.8  | 4.8  | 6.6  | 6.3  | 5.8  | 5.0  | 6.1  | 6.7  | 5.6   |
|      | 1.91 | 1.69 | 1.04 | 0.80 | 1.34 | 1.48 | 1.93 | 2.08 | 1.84 | 1.51 | 1.81 | 2.01 | 1.68  |
| 50   | 6.4  | 6.4  | 3.4  | 1.9  | 4.6  | 5.8  | 7.8  | 7.5  | 6.9  | 5.9  | 7.3  | 7.9  | 6.6   |
|      | 2.05 | 1.77 | 1.10 | 0.84 | 1.43 | 1.55 | 2.00 | 2.18 | 1.93 | 1.60 | 1.88 | 2.10 | 1.76  |
| 100  | 7.6  | 7.6  | 4.1  | 2.4  | 5.6  | 6.8  | 9.2  | 8.8  | 8.1  | 7.1  | 8.6  | 9.3  | 7.8   |
|      | 2.32 | 1.92 | 1.22 | 0.92 | 1.60 | 1.68 | 2.13 | 2.36 | 2.09 | 1.74 | 2.02 | 2.24 | 1.90  |
| 200  | 9.2  | 8.9  | 4.9  | 2.8  | 6.7  | 8.1  | 10.7 | 10.4 | 9.6  | 8.4  | 10.1 | 10.9 | 9.3   |
|      | 2.25 | 1.92 | 1.20 | 0.91 | 1.56 | 1.68 | 2.16 | 2.37 | 2.09 | 1.74 | 2.04 | 2.26 | 1.91  |
| Frec | 15.2 | 5.6  | 2.6  | 2.5  | 4.8  | 13.7 | 12.9 | 7.7  | 5.0  | 5.2  | 8.6  | 16.1 | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 7.9     | 634  | 5.6     | 258  | 4.8     | 170 | 3.8     | 82  |
| 25  | 8.6     | 809  | 6.6     | 402  | 5.9     | 292 | 5.0     | 173 |
| 50  | 9.2     | 959  | 7.4     | 542  | 6.8     | 419 | 5.9     | 276 |
| 100 | 9.8     | 1196 | 8.5     | 755  | 7.9     | 593 | 7.0     | 417 |
| 200 | 10.6    | 1566 | 10.0    | 1261 | 9.3     | 988 | 8.2     | 684 |



## Lanzarote

|               |               |        |            |             |             |
|---------------|---------------|--------|------------|-------------|-------------|
| 28° 56' 06" N | 13° 36' 35" W | UTM 28 | E 635510 m | N 3201625 m | 20 m s.n.m. |
|---------------|---------------|--------|------------|-------------|-------------|

Situada en el aeropuerto de la isla de Lanzarote, 5 km en la dirección WSW de la ciudad de Arrecife. La línea de costa hacia el S se orienta WSW-ENE. Paralelamente a la línea de costa, se encuentra una cadena montañosa – en donde la Montaña Blanca (596 m) es la más importante.

| Sect | $z_{01}$ | $x_1$ | $z_{02}$ | $x_2$ | $z_{03}$ | $x_3$ | $z_{04}$ | $x_4$ | $z_{05}$ | $x_5$ | $z_{06}$ | Porc | Grad |
|------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|------|------|
| 0    | 0.03     | 1000  | 0.10     | 8000  | 0.20     |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 30   | 0.01     | 2500  | 0.10     | 9000  | 0.20     |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 60   | 0.01     | 400   | 0.00     | 2000  | 0.01     |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 90   | 0.03     | 250   | 0.00     |       |          |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 120  | 0.03     | 300   | 0.00     |       |          |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 150  | 0.03     | 400   | 0.00     |       |          |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 180  | 0.03     | 350   | 0.00     |       |          |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 210  | 0.03     | 550   | 0.00     |       |          |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 240  | 0.03     | 250   | 0.10     | 2000  | 0.01     | 5000  | 0.00     |       |          |       |          |      |      |
| 270  | 0.03     | 500   | 0.10     | 5000  | 0.20     |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 300  | 0.03     | 750   | 0.10     | 3500  | 0.30     |       |          |       |          |       |          |      |      |
| 330  | 0.03     | 1250  | 0.10     | 5000  | 0.30     |       |          |       |          |       |          |      |      |

**Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.**

Período: 72060609-82123118

| Sect  | Frec  | <1  | 2 | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 18.4  | 56  | 0 | 31  | 83  | 102 | 125 | 133 | 151 | 120 | 150 | 37 | 10 | 2  | 0   | 7.7 | 2.90 |
| 30    | 36.0  | 28  | 0 | 20  | 58  | 88  | 91  | 107 | 136 | 125 | 247 | 71 | 23 | 6  | 0   | 8.7 | 3.19 |
| 60    | 7.4   | 137 | 4 | 63  | 153 | 160 | 120 | 95  | 81  | 58  | 93  | 26 | 7  | 3  | 0   | 6.0 | 1.83 |
| 90    | 2.7   | 344 | 3 | 98  | 282 | 121 | 77  | 16  | 20  | 12  | 18  | 0  | 10 | 0  | 0   | 4.0 | 1.76 |
| 120   | 1.9   | 443 | 4 | 109 | 269 | 89  | 22  | 25  | 9   | 4   | 18  | 0  | 0  | 2  | 6   | 3.4 | 1.26 |
| 150   | 2.4   | 437 | 4 | 92  | 226 | 103 | 68  | 27  | 22  | 3   | 7   | 10 | 0  | 1  | 0   | 3.4 | 1.48 |
| 180   | 4.4   | 189 | 5 | 62  | 124 | 99  | 94  | 51  | 69  | 77  | 117 | 57 | 31 | 22 | 3   | 6.6 | 1.57 |
| 210   | 2.1   | 388 | 0 | 14  | 122 | 69  | 87  | 42  | 39  | 41  | 71  | 56 | 30 | 36 | 4   | 5.4 | 1.22 |
| 240   | 1.6   | 457 | 0 | 72  | 188 | 72  | 41  | 58  | 22  | 23  | 36  | 15 | 0  | 16 | 0   | 3.8 | 1.17 |
| 270   | 4.4   | 235 | 2 | 106 | 264 | 165 | 117 | 21  | 39  | 14  | 11  | 10 | 4  | 6  | 6   | 4.5 | 1.44 |
| 300   | 8.4   | 103 | 2 | 88  | 260 | 242 | 161 | 65  | 24  | 15  | 20  | 3  | 3  | 13 | 2   | 5.0 | 1.76 |
| 330   | 10.2  | 85  | 2 | 50  | 168 | 211 | 154 | 148 | 99  | 40  | 33  | 8  | 1  | 2  | 1   | 5.7 | 2.31 |
| Total | 100.0 | 110 | 1 | 46  | 127 | 126 | 110 | 97  | 102 | 83  | 137 | 40 | 13 | 6  | 1   | 7.0 | 2.08 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 3   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 6   | 5.6 | 5.5 | 5.9 | 5.1 | 5.7 | 5.5 | 7.4 | 7.2 | 5.5 | 4.6 | 4.9 | 5.2 | 5.7 |
| 9   | 5.6 | 5.4 | 5.6 | 5.0 | 6.7 | 6.9 | 8.3 | 7.8 | 5.6 | 4.4 | 4.9 | 4.9 | 5.9 |
| 12  | 5.7 | 6.6 | 7.6 | 7.3 | 8.1 | 8.9 | 9.6 | 8.3 | 7.6 | 6.4 | 6.1 | 6.0 | 7.3 |
| 15  | 5.7 | 7.2 | 8.0 | 7.0 | 8.3 | 8.5 | 9.4 | 8.8 | 7.4 | 6.8 | 6.2 | 6.4 | 7.5 |
| 18  | 5.8 | 7.1 | 7.6 | 6.6 | 8.2 | 8.3 | 9.6 | 8.9 | 7.3 | 6.5 | 5.3 | 5.4 | 7.2 |
| 21  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| Día | 5.7 | 6.4 | 6.9 | 6.2 | 7.4 | 7.6 | 8.9 | 8.2 | 6.7 | 5.7 | 5.5 | 5.6 | 6.8 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 12.6 | 13.2 | 10.3 | 5.2  | 4.1  | 4.1  | 7.6  | 7.1  | 5.4  | 7.7  | 8.8  | 9.8  | 10.8  |
|      | 3.07 | 3.50 | 2.38 | 1.49 | 1.32 | 1.44 | 1.51 | 1.29 | 1.13 | 1.58 | 1.95 | 2.55 | 2.24  |
| 25   | 13.8 | 14.3 | 11.2 | 5.7  | 4.5  | 4.5  | 8.4  | 7.7  | 5.9  | 8.4  | 9.5  | 10.7 | 11.8  |
|      | 3.11 | 3.55 | 2.43 | 1.54 | 1.36 | 1.48 | 1.54 | 1.31 | 1.15 | 1.60 | 1.98 | 2.60 | 2.27  |
| 50   | 14.6 | 15.2 | 11.9 | 6.1  | 4.8  | 4.8  | 8.9  | 8.2  | 6.4  | 9.0  | 10.2 | 11.4 | 12.6  |
|      | 3.18 | 3.62 | 2.49 | 1.58 | 1.39 | 1.52 | 1.58 | 1.34 | 1.17 | 1.65 | 2.04 | 2.67 | 2.31  |
| 100  | 15.6 | 16.3 | 12.8 | 6.6  | 5.2  | 5.2  | 9.6  | 8.8  | 6.8  | 9.6  | 10.9 | 12.3 | 13.4  |
|      | 3.15 | 3.59 | 2.45 | 1.53 | 1.35 | 1.47 | 1.56 | 1.33 | 1.15 | 1.62 | 2.00 | 2.62 | 2.29  |
| 200  | 16.8 | 17.5 | 13.9 | 7.3  | 5.7  | 5.7  | 10.3 | 9.4  | 7.3  | 10.4 | 11.9 | 13.4 | 14.5  |
|      | 3.07 | 3.50 | 2.37 | 1.45 | 1.28 | 1.40 | 1.51 | 1.29 | 1.12 | 1.57 | 1.93 | 2.51 | 2.26  |
| Frec | 17.3 | 33.7 | 11.4 | 3.3  | 2.0  | 2.3  | 4.2  | 2.4  | 1.7  | 4.0  | 7.8  | 10.0 | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 9.1  | 9.2  | 5.4  | 3.0  | 2.5  | 3.0  | 5.5  | 4.5  | 3.7  | 5.5  | 6.2  | 7.1  | 7.6   |
|      | 2.92 | 3.17 | 1.87 | 1.31 | 1.05 | 1.14 | 1.41 | 1.10 | 1.04 | 1.50 | 1.78 | 2.31 | 2.07  |
| 25   | 10.6 | 10.8 | 6.5  | 3.6  | 3.1  | 3.7  | 6.5  | 5.4  | 4.5  | 6.5  | 7.3  | 8.4  | 8.9   |
|      | 3.01 | 3.27 | 2.02 | 1.41 | 1.13 | 1.22 | 1.47 | 1.13 | 1.09 | 1.57 | 1.87 | 2.44 | 2.14  |
| 50   | 11.9 | 12.1 | 7.6  | 4.2  | 3.7  | 4.3  | 7.5  | 6.1  | 5.2  | 7.5  | 8.3  | 9.5  | 10.1  |
|      | 3.17 | 3.44 | 2.27 | 1.58 | 1.26 | 1.37 | 1.57 | 1.19 | 1.17 | 1.68 | 2.02 | 2.64 | 2.26  |
| 100  | 13.4 | 13.7 | 9.0  | 5.0  | 4.4  | 5.2  | 8.6  | 7.0  | 6.1  | 8.6  | 9.6  | 11.0 | 11.5  |
|      | 3.40 | 3.69 | 2.42 | 1.69 | 1.33 | 1.45 | 1.69 | 1.26 | 1.26 | 1.80 | 2.17 | 2.84 | 2.40  |
| 200  | 15.5 | 15.9 | 11.2 | 6.2  | 5.5  | 6.4  | 10.1 | 8.1  | 7.2  | 10.1 | 11.4 | 13.2 | 13.4  |
|      | 3.30 | 3.59 | 2.31 | 1.61 | 1.27 | 1.39 | 1.63 | 1.23 | 1.21 | 1.74 | 2.09 | 2.73 | 2.38  |
| Frec | 19.6 | 34.4 | 7.1  | 2.6  | 1.9  | 2.5  | 4.2  | 2.0  | 1.8  | 4.6  | 8.5  | 10.6 | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 7.9  | 7.9  | 4.6  | 2.5  | 2.3  | 2.7  | 4.8  | 3.9  | 3.5  | 4.8  | 5.4  | 6.3  | 6.5   |
|      | 2.96 | 3.16 | 1.81 | 1.32 | 1.10 | 1.07 | 1.41 | 1.10 | 1.12 | 1.51 | 1.81 | 2.34 | 2.08  |
| 25   | 9.5  | 9.6  | 5.7  | 3.2  | 2.9  | 3.4  | 5.8  | 4.8  | 4.3  | 5.9  | 6.6  | 7.7  | 8.0   |
|      | 3.05 | 3.26 | 1.94 | 1.41 | 1.17 | 1.14 | 1.47 | 1.13 | 1.17 | 1.57 | 1.89 | 2.45 | 2.14  |
| 50   | 10.9 | 11.0 | 6.7  | 3.8  | 3.5  | 4.1  | 6.8  | 5.6  | 5.1  | 6.8  | 7.6  | 8.9  | 9.1   |
|      | 3.19 | 3.41 | 2.15 | 1.56 | 1.29 | 1.26 | 1.56 | 1.18 | 1.25 | 1.67 | 2.03 | 2.62 | 2.24  |
| 100  | 12.4 | 12.6 | 8.0  | 4.6  | 4.2  | 5.0  | 7.9  | 6.5  | 6.1  | 7.9  | 8.9  | 10.3 | 10.6  |
|      | 3.46 | 3.71 | 2.36 | 1.71 | 1.41 | 1.37 | 1.71 | 1.27 | 1.37 | 1.83 | 2.22 | 2.87 | 2.41  |
| 200  | 14.4 | 14.6 | 9.9  | 5.6  | 5.1  | 6.1  | 9.4  | 7.5  | 7.3  | 9.4  | 10.6 | 12.3 | 12.4  |
|      | 3.38 | 3.62 | 2.26 | 1.63 | 1.35 | 1.32 | 1.65 | 1.24 | 1.32 | 1.77 | 2.15 | 2.78 | 2.39  |
| Frec | 20.8 | 32.4 | 6.7  | 2.6  | 2.0  | 2.7  | 4.1  | 2.0  | 2.0  | 4.9  | 8.6  | 11.2 | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 6.1  | 6.2  | 3.6  | 2.0  | 1.7  | 2.4  | 3.7  | 3.0  | 2.8  | 3.9  | 4.3  | 5.1  | 5.1   |
|      | 2.97 | 3.14 | 1.80 | 1.25 | 1.03 | 1.11 | 1.40 | 1.08 | 1.13 | 1.62 | 1.88 | 2.38 | 2.08  |
| 25   | 7.9  | 8.0  | 4.7  | 2.6  | 2.2  | 3.2  | 4.9  | 3.9  | 3.7  | 5.1  | 5.6  | 6.7  | 6.6   |
|      | 3.06 | 3.23 | 1.91 | 1.32 | 1.09 | 1.17 | 1.46 | 1.11 | 1.17 | 1.68 | 1.96 | 2.47 | 2.15  |
| 50   | 9.4  | 9.4  | 5.7  | 3.2  | 2.8  | 4.0  | 5.9  | 4.7  | 4.5  | 6.1  | 6.7  | 7.9  | 7.9   |
|      | 3.17 | 3.36 | 2.08 | 1.44 | 1.17 | 1.27 | 1.53 | 1.15 | 1.24 | 1.77 | 2.08 | 2.60 | 2.23  |
| 100  | 11.0 | 11.0 | 6.9  | 3.9  | 3.4  | 4.9  | 7.0  | 5.5  | 5.4  | 7.2  | 7.9  | 9.3  | 9.3   |
|      | 3.39 | 3.59 | 2.37 | 1.63 | 1.33 | 1.44 | 1.66 | 1.23 | 1.37 | 1.96 | 2.31 | 2.83 | 2.38  |
| 200  | 12.8 | 12.9 | 8.4  | 4.7  | 4.2  | 5.9  | 8.3  | 6.5  | 6.4  | 8.6  | 9.5  | 11.1 | 11.0  |
|      | 3.43 | 3.63 | 2.28 | 1.57 | 1.28 | 1.38 | 1.66 | 1.24 | 1.35 | 1.94 | 2.28 | 2.83 | 2.41  |
| Frec | 22.5 | 29.7 | 6.3  | 2.5  | 2.0  | 2.9  | 3.8  | 2.0  | 2.3  | 5.3  | 8.8  | 12.0 | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |      | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|-----|
| 10  | 9.6     | 922  | 6.7     | 339  | 5.8     | 218  | 4.5     | 103 |
| 25  | 10.4    | 1180 | 7.9     | 536  | 7.0     | 383  | 5.9     | 222 |
| 50  | 11.1    | 1410 | 8.9     | 739  | 8.1     | 559  | 7.0     | 360 |
| 100 | 11.9    | 1739 | 10.2    | 1050 | 9.4     | 812  | 8.2     | 559 |
| 200 | 12.8    | 2222 | 11.9    | 1697 | 11.0    | 1321 | 9.7     | 911 |

Las Palmas

27° 55' 45" N    15° 23' 20" W

UTM 28    E 461736 m    N 3089460 m

24 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Gando, en la costa E de la Isla de Gran Canaria. El litoral se encuentra a unos 500 m hacia el E. La Isla de Gran Canaria es prácticamente circular, con un diámetro de unos 50 km y una altura de 1900 m.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 1500 | 0.13 | 3000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.01 |      |      |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 750  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 300  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 500  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.03 | 750  | 0.00 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.03 | 3500 | 0.12 | 7000 | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.05 | 1000 | 0.15 | 1500 | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.05 | 1500 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.03 | 900  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.03 | 750  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.03 | 750  | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 4.5 m s.n.s.

Período: 73010103–82123121

| Sect  | Frec  | <1  | 2  | 3  | 4   | 5   | 6   | 7  | 8   | 9  | 11  | 13  | 15 | 17 | >17 | A    | k    |
|-------|-------|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|------|------|
| 0     | 38.3  | 34  | 4  | 23 | 49  | 76  | 98  | 87 | 133 | 72 | 284 | 97  | 36 | 6  | 0   | 9.0  | 2.99 |
| 30    | 37.1  | 32  | 1  | 6  | 21  | 41  | 57  | 73 | 134 | 82 | 343 | 136 | 55 | 16 | 2   | 10.1 | 4.21 |
| 60    | 3.9   | 326 | 12 | 53 | 73  | 106 | 113 | 90 | 89  | 38 | 76  | 15  | 7  | 1  | 0   | 5.3  | 1.73 |
| 90    | 2.2   | 529 | 16 | 94 | 126 | 82  | 90  | 30 | 18  | 2  | 6   | 0   | 0  | 7  | 0   | 2.7  | 1.12 |
| 120   | 1.7   | 671 | 16 | 68 | 108 | 62  | 41  | 16 | 4   | 2  | 9   | 0   | 0  | 2  | 0   | 1.4  | 0.82 |
| 150   | 2.2   | 550 | 11 | 50 | 107 | 97  | 89  | 51 | 30  | 4  | 11  | 0   | 0  | 0  | 0   | 2.7  | 1.18 |
| 180   | 2.5   | 498 | 4  | 29 | 58  | 70  | 99  | 74 | 70  | 26 | 55  | 9   | 8  | 0  | 0   | 4.0  | 1.28 |
| 210   | 2.6   | 460 | 3  | 26 | 44  | 79  | 65  | 55 | 83  | 38 | 106 | 24  | 10 | 3  | 2   | 4.9  | 1.34 |
| 240   | 1.9   | 663 | 14 | 52 | 53  | 35  | 58  | 20 | 37  | 14 | 30  | 12  | 4  | 2  | 6   | 1.9  | 0.75 |
| 270   | 1.5   | 765 | 31 | 50 | 70  | 27  | 32  | 5  | 8   | 3  | 5   | 2   | 0  | 2  | 0   | 0.7  | 0.61 |
| 300   | 1.8   | 721 | 22 | 91 | 55  | 52  | 22  | 13 | 4   | 6  | 4   | 2   | 0  | 8  | 0   | 1.0  | 0.65 |
| 330   | 4.4   | 263 | 19 | 80 | 119 | 122 | 121 | 83 | 72  | 27 | 65  | 21  | 4  | 2  | 1   | 5.2  | 1.67 |
| Total | 100.0 | 146 | 5  | 26 | 47  | 65  | 79  | 74 | 113 | 63 | 247 | 90  | 35 | 9  | 1   | 8.6  | 2.66 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun  | Jul  | Ago  | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 4.0 | 5.3 | 6.2 | 5.8 | 7.4 | 7.6  | 9.7  | 9.2  | 6.9 | 4.8 | 4.1 | 3.3 | 6.2 |
| 3   | 3.9 | 4.8 | 6.0 | 5.3 | 7.1 | 7.5  | 9.4  | 9.2  | 6.8 | 4.6 | 3.9 | 3.4 | 6.0 |
| 6   | 4.0 | 4.9 | 5.9 | 4.9 | 6.8 | 7.0  | 9.2  | 8.8  | 6.5 | 4.4 | 3.7 | 2.9 | 5.7 |
| 9   | 4.1 | 4.9 | 6.6 | 6.1 | 8.4 | 8.7  | 10.0 | 9.4  | 7.6 | 5.3 | 4.2 | 3.4 | 6.6 |
| 12  | 5.7 | 7.2 | 8.4 | 8.4 | 9.8 | 9.7  | 11.1 | 10.4 | 9.1 | 7.2 | 6.2 | 5.3 | 8.2 |
| 15  | 6.5 | 7.7 | 8.6 | 8.3 | 9.9 | 10.1 | 11.4 | 10.7 | 9.2 | 7.6 | 6.4 | 5.5 | 8.5 |
| 18  | 5.7 | 7.0 | 8.4 | 7.8 | 9.7 | 10.0 | 11.1 | 10.5 | 8.9 | 7.0 | 5.7 | 4.8 | 8.1 |
| 21  | 4.3 | 5.6 | 6.7 | 6.3 | 8.3 | 8.7  | 10.0 | 9.6  | 7.5 | 5.4 | 4.4 | 3.8 | 6.7 |
| Día | 4.8 | 5.9 | 7.1 | 6.6 | 8.4 | 8.7  | 10.2 | 9.7  | 7.8 | 5.8 | 4.8 | 4.1 | 7.0 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0            | 30           | 60           | 90          | 120         | 150         | 180         | 210         | 240         | 270         | 300         | 330          | Total        |
|------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 10   | 14.6<br>3.25 | 14.7<br>4.21 | 11.8<br>2.53 | 4.0<br>1.20 | 2.1<br>0.89 | 3.4<br>1.14 | 5.7<br>1.23 | 7.1<br>1.33 | 4.5<br>0.90 | 1.7<br>0.67 | 1.9<br>0.70 | 9.1<br>1.74  | 12.7<br>2.34 |
| 25   | 15.9<br>3.28 | 16.0<br>4.26 | 12.8<br>2.56 | 4.4<br>1.23 | 2.3<br>0.92 | 3.8<br>1.17 | 6.2<br>1.26 | 7.8<br>1.35 | 4.9<br>0.91 | 1.9<br>0.67 | 2.1<br>0.70 | 9.9<br>1.76  | 13.8<br>2.36 |
| 50   | 16.9<br>3.33 | 17.0<br>4.33 | 13.7<br>2.62 | 4.8<br>1.26 | 2.5<br>0.94 | 4.1<br>1.20 | 6.7<br>1.29 | 8.3<br>1.38 | 5.3<br>0.92 | 2.0<br>0.68 | 2.3<br>0.71 | 10.5<br>1.80 | 14.7<br>2.38 |
| 100  | 18.0<br>3.33 | 18.1<br>4.31 | 14.6<br>2.59 | 5.1<br>1.23 | 2.7<br>0.91 | 4.4<br>1.17 | 7.1<br>1.26 | 8.9<br>1.37 | 5.6<br>0.92 | 2.2<br>0.68 | 2.4<br>0.71 | 11.2<br>1.78 | 15.6<br>2.38 |
| 200  | 19.2<br>3.27 | 19.4<br>4.23 | 15.7<br>2.53 | 5.6<br>1.17 | 2.9<br>0.87 | 4.8<br>1.11 | 7.7<br>1.22 | 9.5<br>1.33 | 5.9<br>0.90 | 2.3<br>0.67 | 2.5<br>0.70 | 12.1<br>1.74 | 16.8<br>2.36 |
| Frec | 32.6         | 37.5         | 9.3          | 2.5         | 1.8         | 2.1         | 2.4         | 2.6         | 2.0         | 1.6         | 1.7         | 3.9          | 100.0        |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0            | 30           | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210         | 240         | 270         | 300         | 330          | Total        |
|------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 10   | 10.5<br>3.08 | 10.4<br>4.09 | 4.4<br>1.43 | 2.0<br>0.95 | 1.2<br>0.73 | 2.5<br>0.99 | 4.1<br>1.12 | 4.9<br>1.18 | 2.5<br>0.75 | 1.2<br>0.68 | 1.8<br>0.73 | 7.8<br>1.88  | 9.0<br>2.21  |
| 25   | 12.3<br>3.15 | 12.2<br>4.20 | 5.4<br>1.54 | 2.5<br>1.01 | 1.5<br>0.77 | 3.0<br>1.07 | 4.9<br>1.17 | 5.8<br>1.22 | 2.9<br>0.76 | 1.5<br>0.70 | 2.2<br>0.75 | 9.1<br>1.93  | 10.6<br>2.25 |
| 50   | 13.7<br>3.26 | 13.6<br>4.38 | 6.3<br>1.73 | 3.0<br>1.13 | 1.8<br>0.86 | 3.6<br>1.19 | 5.7<br>1.26 | 6.6<br>1.28 | 3.3<br>0.77 | 1.8<br>0.75 | 2.5<br>0.77 | 10.2<br>2.01 | 11.8<br>2.31 |
| 100  | 15.2<br>3.47 | 15.3<br>4.69 | 7.5<br>1.84 | 3.7<br>1.20 | 2.3<br>0.90 | 4.4<br>1.26 | 6.7<br>1.35 | 7.6<br>1.37 | 3.7<br>0.80 | 2.1<br>0.80 | 2.9<br>0.82 | 11.5<br>2.15 | 13.3<br>2.42 |
| 200  | 17.2<br>3.40 | 17.5<br>4.57 | 9.3<br>1.76 | 4.5<br>1.15 | 2.7<br>0.87 | 5.4<br>1.21 | 7.9<br>1.31 | 8.8<br>1.34 | 4.1<br>0.80 | 2.5<br>0.77 | 3.3<br>0.80 | 13.2<br>2.10 | 15.2<br>2.42 |
| Frec | 38.5         | 35.4         | 3.8         | 2.2         | 1.7         | 2.2         | 2.5         | 2.5         | 1.9         | 1.5         | 1.9         | 5.9          | 100.0        |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0            | 30           | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210         | 240         | 270         | 300         | 330          | Total        |
|------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 10   | 9.1<br>3.10  | 9.1<br>4.15  | 3.7<br>1.38 | 1.7<br>0.92 | 1.1<br>0.75 | 2.2<br>0.98 | 3.7<br>1.13 | 4.2<br>1.15 | 2.0<br>0.73 | 1.0<br>0.68 | 2.3<br>0.86 | 7.6<br>2.19  | 7.8<br>2.22  |
| 25   | 11.0<br>3.16 | 10.9<br>4.26 | 4.7<br>1.47 | 2.2<br>0.98 | 1.4<br>0.80 | 2.8<br>1.03 | 4.5<br>1.17 | 5.1<br>1.19 | 2.5<br>0.74 | 1.3<br>0.70 | 2.9<br>0.88 | 9.2<br>2.24  | 9.5<br>2.26  |
| 50   | 12.5<br>3.26 | 12.5<br>4.42 | 5.5<br>1.63 | 2.6<br>1.07 | 1.8<br>0.87 | 3.4<br>1.13 | 5.3<br>1.24 | 5.9<br>1.24 | 2.8<br>0.75 | 1.6<br>0.74 | 3.3<br>0.92 | 10.5<br>2.32 | 10.8<br>2.31 |
| 100  | 14.1<br>3.44 | 14.1<br>4.72 | 6.6<br>1.78 | 3.2<br>1.17 | 2.2<br>0.94 | 4.2<br>1.24 | 6.3<br>1.36 | 6.9<br>1.33 | 3.3<br>0.77 | 2.0<br>0.80 | 4.0<br>0.98 | 11.9<br>2.47 | 12.3<br>2.42 |
| 200  | 16.0<br>3.44 | 16.3<br>4.67 | 8.2<br>1.71 | 4.0<br>1.12 | 2.7<br>0.90 | 5.1<br>1.19 | 7.4<br>1.32 | 7.9<br>1.30 | 3.7<br>0.78 | 2.3<br>0.78 | 4.6<br>0.97 | 13.6<br>2.45 | 14.1<br>2.43 |
| Frec | 38.4         | 32.9         | 3.7         | 2.1         | 1.8         | 2.2         | 2.5         | 2.5         | 1.9         | 1.5         | 2.1         | 8.5          | 100.0        |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0            | 30           | 60          | 90          | 120         | 150         | 180         | 210         | 240         | 270         | 300         | 330          | Total        |
|------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 10   | 7.2<br>3.30  | 7.0<br>3.93  | 2.8<br>1.33 | 1.3<br>0.89 | 1.0<br>0.80 | 1.9<br>1.00 | 2.9<br>1.14 | 3.2<br>1.12 | 1.5<br>0.73 | 0.7<br>0.63 | 2.5<br>1.04 | 6.4<br>2.45  | 6.1<br>2.24  |
| 25   | 9.2<br>3.36  | 9.1<br>4.01  | 3.7<br>1.40 | 1.7<br>0.94 | 1.4<br>0.83 | 2.6<br>1.05 | 3.9<br>1.18 | 4.1<br>1.14 | 2.0<br>0.73 | 0.9<br>0.64 | 3.3<br>1.06 | 8.3<br>2.50  | 8.0<br>2.27  |
| 50   | 10.9<br>3.45 | 10.7<br>4.14 | 4.5<br>1.52 | 2.2<br>1.01 | 1.8<br>0.90 | 3.2<br>1.13 | 4.7<br>1.24 | 4.9<br>1.18 | 2.3<br>0.74 | 1.1<br>0.67 | 4.0<br>1.10 | 9.7<br>2.57  | 9.4<br>2.32  |
| 100  | 12.6<br>3.60 | 12.5<br>4.36 | 5.6<br>1.73 | 2.7<br>1.14 | 2.2<br>1.01 | 4.0<br>1.28 | 5.6<br>1.35 | 5.8<br>1.25 | 2.8<br>0.76 | 1.4<br>0.71 | 4.8<br>1.17 | 11.3<br>2.69 | 10.9<br>2.41 |
| 200  | 14.6<br>3.69 | 14.5<br>4.44 | 6.8<br>1.66 | 3.3<br>1.10 | 2.7<br>0.98 | 4.8<br>1.24 | 6.7<br>1.35 | 6.8<br>1.27 | 3.2<br>0.78 | 1.7<br>0.71 | 5.6<br>1.18 | 13.1<br>2.75 | 12.7<br>2.45 |
| Frec | 38.2         | 29.5         | 3.5         | 2.0         | 1.8         | 2.2         | 2.5         | 2.4         | 1.8         | 1.6         | 2.4         | 12.1         | 100.0        |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |      | Clase 3 |      |
|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| 10  | 11.2    | 1443 | 8.0     | 545  | 6.9     | 355  | 5.4     | 170  |
| 25  | 12.2    | 1848 | 9.4     | 859  | 8.4     | 620  | 7.0     | 364  |
| 50  | 13.0    | 2211 | 10.5    | 1180 | 9.6     | 903  | 8.3     | 590  |
| 100 | 13.9    | 2675 | 11.8    | 1620 | 10.9    | 1288 | 9.7     | 908  |
| 200 | 14.9    | 3318 | 13.5    | 2419 | 12.5    | 1942 | 11.3    | 1402 |

Madrid

40° 25' 00'' N    03° 41' 00'' W            UTM 30   E 442024 m   N 4474306 m            581 m s.n.m.

Situada a 500 m E del pueblo de Barajas y al E de la ciudad de Madrid. La distancia a los suburbios de Madrid es de 1 km. aproximadamente. El terreno es ondulado a partir de 1 km en la dirección este.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 1750 | 0.15 | 4000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.01 | 1500 | 0.15 | 2500 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 1250 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 1000 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 1250 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.01 | 750  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.01 | 400  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.01 | 800  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.01 | 1000 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.01 | 2500 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.01 | 2000 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -2   |      |
| 330  | 0.01 | 4000 | 0.15 |      |      |    |     |    |     |    |     | -3   |      |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s. Período: 72060603–85123121

| Sect  | Frec  | <1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 10.3  | 389 | 38 | 152 | 121 | 83  | 58  | 55  | 38 | 27 | 36 | 2  | 1  | 1  | 0   | 3.4 | 1.24 |
| 30    | 8.8   | 449 | 30 | 100 | 92  | 89  | 71  | 64  | 43 | 32 | 26 | 3  | 0  | 0  | 0   | 3.3 | 1.25 |
| 60    | 8.0   | 520 | 22 | 76  | 91  | 85  | 65  | 56  | 37 | 23 | 23 | 1  | 1  | 0  | 0   | 2.9 | 1.14 |
| 90    | 5.8   | 691 | 34 | 93  | 82  | 55  | 20  | 11  | 6  | 6  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1.1 | 0.80 |
| 120   | 5.7   | 689 | 30 | 115 | 82  | 40  | 22  | 12  | 6  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1.1 | 0.81 |
| 150   | 6.7   | 612 | 31 | 113 | 99  | 63  | 31  | 26  | 14 | 6  | 4  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1.8 | 0.97 |
| 180   | 7.8   | 521 | 27 | 119 | 129 | 91  | 42  | 35  | 13 | 13 | 10 | 0  | 0  | 0  | 0   | 2.5 | 1.19 |
| 210   | 10.6  | 392 | 23 | 106 | 128 | 115 | 85  | 60  | 38 | 27 | 21 | 3  | 1  | 0  | 0   | 3.7 | 1.46 |
| 240   | 12.6  | 309 | 15 | 61  | 103 | 115 | 103 | 111 | 74 | 54 | 50 | 3  | 0  | 0  | 0   | 5.0 | 1.84 |
| 270   | 9.1   | 449 | 17 | 60  | 91  | 84  | 77  | 78  | 52 | 36 | 46 | 5  | 3  | 1  | 0   | 3.9 | 1.31 |
| 300   | 7.1   | 577 | 16 | 52  | 63  | 56  | 46  | 53  | 48 | 36 | 41 | 9  | 1  | 1  | 0   | 2.7 | 0.97 |
| 330   | 7.5   | 512 | 43 | 149 | 124 | 64  | 34  | 28  | 17 | 11 | 15 | 2  | 1  | 0  | 0   | 2.5 | 1.12 |
| Total | 100.0 | 483 | 26 | 99  | 103 | 83  | 60  | 55  | 36 | 26 | 26 | 2  | 1  | 0  | 0   | 3.1 | 1.18 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 1.5 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 1.2 | 1.5 | 1.4 | 1.8 | 1.8 |
| 3   | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 1.1 | 0.7 | 1.3 | 1.3 | 1.6 | 1.4 |
| 6   | 1.3 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 1.2 | 1.1 | 1.6 | 1.2 |
| 9   | 1.7 | 2.3 | 2.9 | 2.8 | 2.7 | 2.2 | 2.0 | 1.8 | 1.5 | 1.7 | 1.5 | 1.8 | 2.1 |
| 12  | 2.5 | 3.4 | 4.0 | 4.0 | 4.3 | 3.3 | 3.6 | 3.1 | 2.8 | 2.9 | 2.3 | 2.9 | 3.3 |
| 15  | 3.1 | 4.3 | 5.0 | 4.8 | 4.8 | 3.9 | 4.4 | 4.2 | 3.5 | 3.6 | 2.8 | 3.5 | 4.0 |
| 18  | 2.5 | 3.4 | 4.5 | 4.5 | 4.6 | 4.0 | 4.3 | 3.9 | 3.0 | 2.6 | 2.1 | 2.6 | 3.5 |
| 21  | 2.2 | 2.7 | 3.2 | 3.1 | 2.7 | 2.6 | 2.7 | 2.5 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 2.0 | 2.4 |
| Día | 2.0 | 2.7 | 3.2 | 3.1 | 3.0 | 2.5 | 2.6 | 2.4 | 1.9 | 2.1 | 1.8 | 2.2 | 2.4 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 5.1  | 5.5  | 5.2  | 3.3  | 2.0  | 2.8  | 4.1  | 5.8  | 7.6  | 7.2  | 5.3  | 4.1  | 5.1   |
|      | 1.43 | 1.51 | 1.44 | 1.12 | 0.97 | 1.10 | 1.33 | 1.65 | 2.01 | 1.81 | 1.29 | 1.20 | 1.37  |
| 25   | 5.6  | 6.1  | 5.7  | 3.7  | 2.3  | 3.1  | 4.5  | 6.4  | 8.3  | 7.8  | 5.8  | 4.5  | 5.6   |
|      | 1.48 | 1.56 | 1.48 | 1.16 | 0.99 | 1.13 | 1.38 | 1.70 | 2.06 | 1.87 | 1.31 | 1.24 | 1.41  |
| 50   | 6.0  | 6.5  | 6.2  | 4.0  | 2.5  | 3.4  | 4.9  | 6.9  | 8.9  | 8.4  | 6.3  | 4.9  | 6.1   |
|      | 1.51 | 1.60 | 1.52 | 1.19 | 1.02 | 1.16 | 1.41 | 1.74 | 2.12 | 1.92 | 1.35 | 1.27 | 1.44  |
| 100  | 6.5  | 7.1  | 6.7  | 4.3  | 2.6  | 3.6  | 5.3  | 7.5  | 9.7  | 9.1  | 6.7  | 5.3  | 6.6   |
|      | 1.47 | 1.55 | 1.47 | 1.15 | 0.99 | 1.13 | 1.37 | 1.69 | 2.06 | 1.86 | 1.32 | 1.23 | 1.40  |
| 200  | 7.1  | 7.8  | 7.3  | 4.7  | 2.8  | 3.9  | 5.8  | 8.2  | 10.6 | 10.0 | 7.3  | 5.7  | 7.2   |
|      | 1.39 | 1.47 | 1.40 | 1.10 | 0.94 | 1.07 | 1.30 | 1.60 | 1.96 | 1.77 | 1.27 | 1.17 | 1.35  |
| Frec | 9.2  | 9.4  | 8.3  | 6.6  | 5.8  | 6.3  | 7.4  | 9.6  | 12.0 | 10.4 | 7.8  | 7.3  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.7  | 3.8  | 3.4  | 1.7  | 1.4  | 2.0  | 2.9  | 4.2  | 5.6  | 4.5  | 3.3  | 2.6  | 3.5   |
|      | 1.25 | 1.27 | 1.18 | 0.87 | 0.87 | 0.97 | 1.15 | 1.43 | 1.78 | 1.40 | 1.03 | 1.07 | 1.19  |
| 25   | 4.4  | 4.6  | 4.1  | 2.1  | 1.8  | 2.5  | 3.6  | 5.1  | 6.6  | 5.4  | 3.9  | 3.2  | 4.2   |
|      | 1.35 | 1.37 | 1.26 | 0.93 | 0.93 | 1.04 | 1.24 | 1.54 | 1.91 | 1.49 | 1.08 | 1.15 | 1.26  |
| 50   | 5.2  | 5.3  | 4.9  | 2.5  | 2.1  | 3.0  | 4.2  | 5.9  | 7.7  | 6.3  | 4.6  | 3.8  | 4.9   |
|      | 1.51 | 1.54 | 1.42 | 1.03 | 1.04 | 1.15 | 1.39 | 1.73 | 2.12 | 1.65 | 1.16 | 1.28 | 1.38  |
| 100  | 6.2  | 6.4  | 5.8  | 3.1  | 2.6  | 3.6  | 5.0  | 7.1  | 9.0  | 7.4  | 5.4  | 4.6  | 5.9   |
|      | 1.60 | 1.63 | 1.50 | 1.09 | 1.10 | 1.23 | 1.48 | 1.84 | 2.27 | 1.76 | 1.24 | 1.36 | 1.46  |
| 200  | 7.7  | 7.9  | 7.2  | 3.8  | 3.2  | 4.4  | 6.2  | 8.8  | 11.1 | 9.1  | 6.4  | 5.7  | 7.2   |
|      | 1.53 | 1.56 | 1.44 | 1.05 | 1.05 | 1.17 | 1.41 | 1.76 | 2.17 | 1.69 | 1.20 | 1.30 | 1.41  |
| Frec | 9.9  | 9.0  | 8.1  | 6.1  | 5.7  | 6.5  | 7.6  | 10.3 | 12.4 | 9.6  | 7.3  | 7.5  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.2  | 3.3  | 2.9  | 1.2  | 1.1  | 1.8  | 2.6  | 3.7  | 4.9  | 3.8  | 2.7  | 2.3  | 3.0   |
|      | 1.26 | 1.27 | 1.16 | 0.82 | 0.82 | 0.98 | 1.18 | 1.47 | 1.84 | 1.35 | 1.00 | 1.12 | 1.19  |
| 25   | 4.1  | 4.1  | 3.7  | 1.6  | 1.4  | 2.3  | 3.3  | 4.7  | 6.1  | 4.7  | 3.4  | 2.9  | 3.8   |
|      | 1.35 | 1.35 | 1.24 | 0.87 | 0.87 | 1.04 | 1.26 | 1.57 | 1.96 | 1.44 | 1.04 | 1.19 | 1.25  |
| 50   | 4.8  | 4.8  | 4.4  | 2.0  | 1.8  | 2.7  | 4.0  | 5.5  | 7.1  | 5.6  | 4.0  | 3.5  | 4.5   |
|      | 1.48 | 1.49 | 1.37 | 0.95 | 0.95 | 1.14 | 1.39 | 1.74 | 2.15 | 1.57 | 1.10 | 1.31 | 1.35  |
| 100  | 5.8  | 5.8  | 5.3  | 2.4  | 2.2  | 3.3  | 4.8  | 6.6  | 8.4  | 6.6  | 4.8  | 4.3  | 5.4   |
|      | 1.63 | 1.64 | 1.50 | 1.04 | 1.04 | 1.25 | 1.52 | 1.90 | 2.36 | 1.72 | 1.20 | 1.43 | 1.46  |
| 200  | 7.2  | 7.2  | 6.5  | 2.9  | 2.7  | 4.1  | 5.8  | 8.1  | 10.3 | 8.0  | 5.6  | 5.2  | 6.6   |
|      | 1.56 | 1.57 | 1.44 | 0.99 | 1.00 | 1.20 | 1.46 | 1.83 | 2.26 | 1.65 | 1.16 | 1.37 | 1.42  |
| Frec | 10.1 | 8.9  | 8.0  | 5.9  | 5.7  | 6.6  | 7.7  | 10.5 | 12.5 | 9.3  | 7.2  | 7.5  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.6  | 2.6  | 2.2  | 0.9  | 0.9  | 1.4  | 2.2  | 3.0  | 3.9  | 2.9  | 2.1  | 1.8  | 2.4   |
|      | 1.28 | 1.27 | 1.15 | 0.82 | 0.84 | 0.98 | 1.22 | 1.49 | 1.82 | 1.30 | 0.99 | 1.10 | 1.19  |
| 25   | 3.5  | 3.4  | 3.0  | 1.3  | 1.3  | 1.9  | 2.9  | 4.0  | 5.1  | 3.8  | 2.8  | 2.4  | 3.2   |
|      | 1.36 | 1.35 | 1.21 | 0.86 | 0.89 | 1.03 | 1.29 | 1.58 | 1.92 | 1.37 | 1.03 | 1.17 | 1.24  |
| 50   | 4.2  | 4.2  | 3.7  | 1.6  | 1.6  | 2.4  | 3.5  | 4.9  | 6.1  | 4.6  | 3.4  | 3.0  | 3.9   |
|      | 1.47 | 1.46 | 1.31 | 0.93 | 0.95 | 1.12 | 1.39 | 1.71 | 2.07 | 1.47 | 1.08 | 1.26 | 1.33  |
| 100  | 5.2  | 5.1  | 4.5  | 2.0  | 2.0  | 3.0  | 4.4  | 5.9  | 7.3  | 5.6  | 4.1  | 3.7  | 4.7   |
|      | 1.67 | 1.66 | 1.48 | 1.04 | 1.07 | 1.26 | 1.58 | 1.94 | 2.35 | 1.66 | 1.18 | 1.43 | 1.47  |
| 200  | 6.3  | 6.2  | 5.5  | 2.4  | 2.5  | 3.6  | 5.3  | 7.2  | 8.9  | 6.7  | 4.9  | 4.5  | 5.7   |
|      | 1.61 | 1.60 | 1.43 | 1.01 | 1.04 | 1.21 | 1.52 | 1.87 | 2.27 | 1.61 | 1.17 | 1.38 | 1.43  |
| Frec | 10.2 | 8.7  | 7.8  | 5.8  | 5.8  | 6.7  | 8.0  | 10.7 | 12.4 | 8.9  | 7.2  | 7.7  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |     | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 4.7     | 198 | 3.3     | 88  | 2.9     | 58  | 2.2     | 28  |
| 25  | 5.1     | 249 | 3.9     | 133 | 3.5     | 98  | 2.9     | 58  |
| 50  | 5.5     | 298 | 4.5     | 174 | 4.1     | 137 | 3.5     | 90  |
| 100 | 6.0     | 393 | 5.3     | 263 | 4.9     | 202 | 4.3     | 134 |
| 200 | 6.6     | 564 | 6.6     | 525 | 6.0     | 391 | 5.2     | 251 |

Málaga

36° 43' 00'' N    04° 25' 00'' W            UTM 30   E 373475 m   N 4064443 m            7 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Málaga, 5 km SW de los suburbios de la ciudad. El terreno es llano y se inclina suavemente hacia el mar que se encuentra a 2 km en la dirección SE. Hacia el N, a una distancia de más de 5 km, las estribaciones del Sistema Penibético se elevan hasta alturas de unos 250 m por encima del nivel del mar.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3    | z04  | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|-------|------|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.03 | 250  | 0.30 |      |      |       |      |    |     |    |     | -5   | -2   |
| 30   | 0.05 | 250  | 0.30 |      |      |       |      |    |     |    |     | -7   |      |
| 60   | 0.05 | 500  | 0.30 | 4000 | 0.00 | 10000 | 0.30 |    |     |    |     | -5   | 1    |
| 90   | 0.25 | 2500 | 0.00 |      |      |       |      |    |     |    |     | -2   | 1    |
| 120  | 0.20 | 2000 | 0.00 |      |      |       |      |    |     |    |     | -1   |      |
| 150  | 0.20 | 2250 | 0.00 |      |      |       |      |    |     |    |     | -2   | -1   |
| 180  | 0.20 | 3500 | 0.00 |      |      |       |      |    |     |    |     | -5   | -1   |
| 210  | 0.03 | 500  | 0.30 | 8000 | 0.00 |       |      |    |     |    |     | -6   |      |
| 240  | 0.01 | 600  | 0.30 |      |      |       |      |    |     |    |     | -5   | 2    |
| 270  | 0.01 | 1750 | 0.30 |      |      |       |      |    |     |    |     | -2   | 2    |
| 300  | 0.01 | 1500 | 0.05 | 3000 | 0.30 |       |      |    |     |    |     | -1   |      |
| 330  | 0.03 | 400  | 0.30 |      |      |       |      |    |     |    |     | -2   | -2   |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s. Período: 72060806-82123121

| Sect  | Frec  | <1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 3.4   | 737 | 11 | 47  | 58  | 32  | 32  | 20 | 16 | 18 | 22  | 3  | 2  | 0  | 2   | 1.1 | 0.64 |
| 30    | 2.7   | 919 | 3  | 18  | 21  | 8   | 9   | 9  | 1  | 2  | 6   | 2  | 1  | 1  | 0   | 0.3 | 0.51 |
| 60    | 2.9   | 904 | 10 | 30  | 34  | 10  | 9   | 2  | 0  | 0  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.6 | 0.73 |
| 90    | 3.9   | 715 | 26 | 86  | 72  | 41  | 22  | 15 | 9  | 6  | 7   | 1  | 0  | 0  | 0   | 1.0 | 0.72 |
| 120   | 4.2   | 613 | 24 | 78  | 86  | 66  | 30  | 29 | 22 | 13 | 22  | 6  | 7  | 2  | 2   | 2.1 | 0.83 |
| 150   | 15.8  | 160 | 53 | 186 | 239 | 159 | 102 | 46 | 23 | 11 | 14  | 3  | 3  | 0  | 0   | 4.1 | 1.87 |
| 180   | 9.9   | 263 | 32 | 131 | 183 | 159 | 116 | 65 | 25 | 15 | 9   | 1  | 0  | 0  | 0   | 4.1 | 1.97 |
| 210   | 4.5   | 609 | 13 | 57  | 73  | 60  | 57  | 38 | 33 | 27 | 24  | 5  | 3  | 1  | 0   | 2.3 | 0.92 |
| 240   | 3.5   | 694 | 18 | 56  | 55  | 44  | 32  | 23 | 29 | 13 | 27  | 5  | 3  | 1  | 0   | 1.4 | 0.73 |
| 270   | 5.6   | 486 | 23 | 71  | 68  | 57  | 53  | 39 | 54 | 38 | 71  | 25 | 10 | 4  | 0   | 3.6 | 1.06 |
| 300   | 13.6  | 180 | 27 | 105 | 139 | 104 | 82  | 83 | 74 | 63 | 107 | 25 | 8  | 2  | 0   | 5.7 | 1.67 |
| 330   | 30.0  | 87  | 36 | 129 | 169 | 154 | 109 | 78 | 58 | 48 | 88  | 30 | 11 | 2  | 0   | 5.5 | 1.62 |
| Total | 100.0 | 311 | 31 | 114 | 145 | 115 | 82  | 56 | 41 | 31 | 52  | 15 | 6  | 1  | 0   | 4.3 | 1.39 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 3.5 | 3.8 | 3.0 | 2.3 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.2 | 1.8 | 2.5 | 3.4 | 3.9 | 2.5 |
| 3   | 4.2 | 4.1 | 3.8 | 2.8 | 3.1 | 3.3 | 2.8 | 2.7 | 2.6 | 3.3 | 4.3 | 4.3 | 3.4 |
| 6   | 4.2 | 4.2 | 4.4 | 3.0 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 2.9 | 3.3 | 3.7 | 4.2 | 4.4 | 3.6 |
| 9   | 4.9 | 4.7 | 4.9 | 3.5 | 3.6 | 3.2 | 3.0 | 2.5 | 3.2 | 4.0 | 4.4 | 4.5 | 3.8 |
| 12  | 4.6 | 5.0 | 5.5 | 4.8 | 4.9 | 4.9 | 4.6 | 4.7 | 4.2 | 4.3 | 4.0 | 4.5 | 4.7 |
| 15  | 4.6 | 5.3 | 5.3 | 4.9 | 5.4 | 5.3 | 5.0 | 4.8 | 4.8 | 4.6 | 4.2 | 4.6 | 4.9 |
| 18  | 2.6 | 3.2 | 3.8 | 3.3 | 4.1 | 4.1 | 3.9 | 3.5 | 2.6 | 2.2 | 2.4 | 2.9 | 3.2 |
| 21  | 3.0 | 3.1 | 2.3 | 1.6 | 1.5 | 1.2 | 1.3 | 1.1 | 1.1 | 1.6 | 2.6 | 3.3 | 2.0 |
| Día | 4.0 | 4.2 | 4.1 | 3.3 | 3.4 | 3.4 | 3.2 | 2.9 | 3.0 | 3.3 | 3.7 | 4.0 | 3.5 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 9.0  | 1.6  | 1.4  | 1.4  | 3.0  | 7.0  | 7.3  | 5.8  | 3.3  | 5.7  | 8.7  | 10.1 | 7.2   |
|      | 1.57 | 0.61 | 0.77 | 0.66 | 0.80 | 1.78 | 1.92 | 1.32 | 0.88 | 1.14 | 1.81 | 1.77 | 1.36  |
| 25   | 9.8  | 1.7  | 1.5  | 1.6  | 3.4  | 7.6  | 8.0  | 6.3  | 3.7  | 6.3  | 9.5  | 11.0 | 7.8   |
|      | 1.58 | 0.62 | 0.80 | 0.67 | 0.81 | 1.83 | 1.98 | 1.35 | 0.88 | 1.15 | 1.84 | 1.79 | 1.38  |
| 50   | 10.4 | 1.9  | 1.7  | 1.8  | 3.6  | 8.2  | 8.6  | 6.8  | 3.9  | 6.7  | 10.1 | 11.8 | 8.4   |
|      | 1.61 | 0.62 | 0.81 | 0.69 | 0.82 | 1.88 | 2.04 | 1.39 | 0.90 | 1.18 | 1.89 | 1.82 | 1.40  |
| 100  | 11.1 | 2.0  | 1.8  | 1.9  | 3.8  | 8.9  | 9.3  | 7.3  | 4.2  | 7.1  | 10.9 | 12.5 | 9.0   |
|      | 1.60 | 0.62 | 0.79 | 0.67 | 0.81 | 1.82 | 1.97 | 1.35 | 0.90 | 1.17 | 1.86 | 1.81 | 1.40  |
| 200  | 11.9 | 2.1  | 1.9  | 2.0  | 4.1  | 9.8  | 10.3 | 8.0  | 4.5  | 7.6  | 11.7 | 13.4 | 9.7   |
|      | 1.57 | 0.62 | 0.76 | 0.65 | 0.80 | 1.73 | 1.87 | 1.29 | 0.88 | 1.14 | 1.80 | 1.78 | 1.37  |
| Frec | 10.7 | 3.3  | 3.0  | 3.6  | 4.0  | 12.4 | 11.6 | 6.2  | 4.0  | 5.2  | 11.2 | 24.8 | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.6  | 0.8  | 0.8  | 1.2  | 2.3  | 4.8  | 5.1  | 2.8  | 2.0  | 4.3  | 6.3  | 7.3  | 5.0   |
|      | 1.08 | 0.58 | 0.72 | 0.64 | 0.76 | 1.56 | 1.64 | 0.87 | 0.75 | 1.10 | 1.69 | 1.63 | 1.24  |
| 25   | 5.3  | 1.0  | 1.0  | 1.5  | 2.8  | 5.8  | 6.1  | 3.3  | 2.4  | 5.1  | 7.4  | 8.6  | 5.9   |
|      | 1.10 | 0.59 | 0.76 | 0.67 | 0.78 | 1.68 | 1.77 | 0.90 | 0.77 | 1.13 | 1.76 | 1.67 | 1.28  |
| 50   | 6.0  | 1.2  | 1.3  | 1.8  | 3.2  | 6.8  | 7.1  | 3.9  | 2.7  | 5.8  | 8.4  | 9.6  | 6.7   |
|      | 1.14 | 0.62 | 0.84 | 0.73 | 0.81 | 1.88 | 1.99 | 0.96 | 0.80 | 1.18 | 1.88 | 1.74 | 1.34  |
| 100  | 6.9  | 1.4  | 1.5  | 2.2  | 3.7  | 8.1  | 8.5  | 4.6  | 3.2  | 6.6  | 9.7  | 10.8 | 7.8   |
|      | 1.21 | 0.65 | 0.88 | 0.77 | 0.86 | 2.01 | 2.12 | 1.02 | 0.84 | 1.26 | 2.02 | 1.85 | 1.43  |
| 200  | 7.8  | 1.6  | 1.9  | 2.7  | 4.2  | 10.0 | 10.5 | 5.4  | 3.6  | 7.6  | 11.3 | 12.3 | 9.2   |
|      | 1.19 | 0.63 | 0.85 | 0.74 | 0.84 | 1.92 | 2.02 | 0.99 | 0.83 | 1.23 | 1.96 | 1.81 | 1.42  |
| Frec | 5.2  | 2.9  | 3.0  | 3.8  | 4.0  | 15.0 | 10.4 | 4.9  | 3.7  | 5.7  | 12.9 | 28.4 | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.5  | 0.6  | 0.5  | 1.2  | 2.7  | 4.2  | 4.4  | 2.3  | 2.0  | 4.1  | 5.6  | 6.3  | 4.3   |
|      | 0.99 | 0.56 | 0.62 | 0.67 | 0.92 | 1.56 | 1.61 | 0.83 | 0.79 | 1.20 | 1.69 | 1.64 | 1.24  |
| 25   | 4.3  | 0.8  | 0.7  | 1.5  | 3.4  | 5.2  | 5.4  | 2.8  | 2.4  | 5.0  | 6.8  | 7.7  | 5.3   |
|      | 1.01 | 0.58 | 0.65 | 0.70 | 0.95 | 1.67 | 1.72 | 0.86 | 0.80 | 1.23 | 1.75 | 1.67 | 1.28  |
| 50   | 4.9  | 0.9  | 0.9  | 1.9  | 4.0  | 6.2  | 6.4  | 3.3  | 2.8  | 5.8  | 7.9  | 8.8  | 6.2   |
|      | 1.04 | 0.60 | 0.70 | 0.75 | 1.01 | 1.85 | 1.90 | 0.90 | 0.83 | 1.29 | 1.85 | 1.73 | 1.34  |
| 100  | 5.7  | 1.2  | 1.1  | 2.4  | 4.8  | 7.4  | 7.7  | 4.0  | 3.3  | 6.7  | 9.1  | 10.0 | 7.2   |
|      | 1.09 | 0.63 | 0.76 | 0.81 | 1.10 | 2.03 | 2.09 | 0.98 | 0.88 | 1.39 | 2.01 | 1.83 | 1.43  |
| 200  | 6.4  | 1.3  | 1.4  | 2.8  | 5.6  | 9.1  | 9.4  | 4.6  | 3.8  | 7.8  | 10.6 | 11.4 | 8.5   |
|      | 1.09 | 0.62 | 0.73 | 0.79 | 1.06 | 1.94 | 2.00 | 0.95 | 0.87 | 1.36 | 1.96 | 1.83 | 1.43  |
| Frec | 4.7  | 2.9  | 3.0  | 3.8  | 4.8  | 14.8 | 10.0 | 4.7  | 3.9  | 6.3  | 13.8 | 27.1 | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.5  | 0.4  | 0.5  | 0.9  | 2.6  | 3.4  | 3.4  | 1.8  | 1.8  | 3.5  | 4.5  | 5.0  | 3.4   |
|      | 0.94 | 0.52 | 0.63 | 0.66 | 1.11 | 1.59 | 1.55 | 0.83 | 0.85 | 1.31 | 1.70 | 1.66 | 1.26  |
| 25   | 3.3  | 0.5  | 0.7  | 1.3  | 3.5  | 4.4  | 4.5  | 2.3  | 2.3  | 4.6  | 5.9  | 6.5  | 4.5   |
|      | 0.96 | 0.53 | 0.65 | 0.68 | 1.16 | 1.69 | 1.64 | 0.85 | 0.87 | 1.34 | 1.74 | 1.69 | 1.29  |
| 50   | 3.9  | 0.6  | 0.9  | 1.6  | 4.3  | 5.4  | 5.4  | 2.8  | 2.8  | 5.4  | 7.0  | 7.7  | 5.4   |
|      | 0.98 | 0.55 | 0.70 | 0.71 | 1.24 | 1.83 | 1.78 | 0.88 | 0.89 | 1.39 | 1.81 | 1.74 | 1.34  |
| 100  | 4.6  | 0.8  | 1.1  | 2.0  | 5.2  | 6.5  | 6.6  | 3.5  | 3.4  | 6.4  | 8.2  | 8.9  | 6.4   |
|      | 1.02 | 0.57 | 0.77 | 0.77 | 1.38 | 2.08 | 2.03 | 0.95 | 0.94 | 1.49 | 1.94 | 1.82 | 1.42  |
| 200  | 5.4  | 0.9  | 1.4  | 2.3  | 6.2  | 8.0  | 8.1  | 4.1  | 4.0  | 7.6  | 9.6  | 10.4 | 7.6   |
|      | 1.04 | 0.58 | 0.75 | 0.76 | 1.35 | 2.01 | 1.96 | 0.95 | 0.95 | 1.51 | 1.96 | 1.86 | 1.45  |
| Frec | 4.5  | 2.9  | 3.1  | 3.9  | 6.2  | 14.2 | 9.4  | 4.6  | 4.1  | 7.1  | 15.6 | 24.3 | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 6.6     | 550  | 4.6     | 231  | 4.1     | 151 | 3.2     | 73  |
| 25  | 7.2     | 699  | 5.5     | 355  | 4.9     | 259 | 4.2     | 153 |
| 50  | 7.6     | 825  | 6.2     | 473  | 5.7     | 365 | 4.9     | 242 |
| 100 | 8.2     | 1024 | 7.1     | 637  | 6.6     | 504 | 5.8     | 357 |
| 200 | 8.9     | 1336 | 8.3     | 1044 | 7.7     | 821 | 6.9     | 574 |



Menorca

39° 53' 00" N    04° 15' 00" E

UTM 31   E 606887 m   N 4415632 m

82 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Mahón en la Isla de Menorca (Islas Baleares). Las elevaciones del terreno a un radio de 5 km desde la estación , son menores que 150 m sobre el nivel del mar.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 400  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.01 | 500  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 600  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 500  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 500  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.01 | 750  | 0.30 | 8000 | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.01 | 2000 | 0.20 | 5000 | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.01 | 750  | 0.20 | 5000 | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.01 | 500  | 0.20 | 5000 | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.01 | 500  | 0.20 | 8000 | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.01 | 400  | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.01 | 500  | 0.20 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Período: 72060603-82123121

| Sect  | Frec  | <1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 14.6  | 123 | 45  | 89  | 82  | 86  | 63  | 82  | 97  | 80 | 129 | 56 | 44 | 15 | 9   | 7.5 | 1.91 |
| 30    | 13.3  | 123 | 38  | 92  | 110 | 101 | 100 | 107 | 113 | 75 | 88  | 32 | 11 | 7  | 4   | 6.5 | 1.99 |
| 60    | 7.5   | 220 | 51  | 115 | 143 | 121 | 100 | 76  | 75  | 44 | 45  | 9  | 1  | 1  | 0   | 4.7 | 1.68 |
| 90    | 6.8   | 261 | 66  | 151 | 164 | 103 | 96  | 59  | 49  | 23 | 22  | 2  | 3  | 1  | 0   | 4.0 | 1.53 |
| 120   | 5.2   | 337 | 56  | 111 | 139 | 92  | 79  | 69  | 70  | 22 | 17  | 6  | 2  | 0  | 1   | 3.9 | 1.42 |
| 150   | 4.9   | 392 | 48  | 108 | 131 | 118 | 72  | 50  | 46  | 22 | 8   | 4  | 0  | 0  | 0   | 3.5 | 1.44 |
| 180   | 7.1   | 229 | 69  | 139 | 195 | 134 | 89  | 60  | 49  | 22 | 12  | 0  | 1  | 0  | 0   | 4.1 | 1.79 |
| 210   | 9.5   | 213 | 42  | 114 | 159 | 113 | 96  | 88  | 95  | 39 | 36  | 4  | 1  | 0  | 0   | 4.7 | 1.76 |
| 240   | 10.8  | 164 | 38  | 104 | 152 | 114 | 108 | 100 | 102 | 54 | 46  | 7  | 10 | 0  | 0   | 5.4 | 1.85 |
| 270   | 6.7   | 265 | 62  | 116 | 122 | 80  | 79  | 104 | 69  | 37 | 45  | 14 | 5  | 3  | 0   | 4.5 | 1.44 |
| 300   | 7.1   | 251 | 114 | 154 | 132 | 79  | 55  | 41  | 69  | 40 | 44  | 15 | 3  | 2  | 2   | 3.9 | 1.22 |
| 330   | 6.4   | 264 | 79  | 166 | 121 | 72  | 51  | 58  | 67  | 41 | 49  | 16 | 11 | 3  | 3   | 4.0 | 1.18 |
| Total | 100.0 | 212 | 56  | 117 | 133 | 101 | 84  | 79  | 81  | 48 | 55  | 18 | 11 | 4  | 2   | 5.0 | 1.50 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 3.2 | 4.2 | 3.4 | 3.5 | 2.2 | 2.2 | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 4.0 | 4.0 | 5.1 | 3.0 |
| 3   | 3.2 | 6.8 | 4.0 | 3.2 | 3.0 | 2.5 | 2.4 | 2.1 | 2.6 | 3.8 | 3.4 | 5.7 | 3.0 |
| 6   | 4.3 | 4.4 | 4.0 | 3.5 | 2.9 | 2.9 | 2.7 | 2.5 | 2.2 | 3.2 | 3.8 | 4.2 | 3.4 |
| 9   | 4.6 | 5.4 | 5.7 | 5.8 | 5.2 | 5.2 | 5.3 | 4.8 | 4.4 | 4.9 | 4.4 | 4.8 | 5.0 |
| 12  | 6.4 | 6.8 | 6.5 | 6.6 | 5.9 | 5.7 | 5.9 | 5.4 | 5.6 | 6.1 | 5.7 | 6.2 | 6.0 |
| 15  | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 6.2 | 5.5 | 5.4 | 5.4 | 5.2 | 5.1 | 5.5 | 5.8 | 5.9 | 5.7 |
| 18  | 4.2 | 4.5 | 4.4 | 4.6 | 4.1 | 4.5 | 4.1 | 4.1 | 3.4 | 3.3 | 3.6 | 4.2 | 4.1 |
| 21  | 3.8 | 3.7 | 3.4 | 2.7 | 2.3 | 2.3 | 1.9 | 2.1 | 2.1 | 3.2 | 3.3 | 4.3 | 2.9 |
| Día | 4.9 | 5.2 | 5.0 | 4.8 | 4.2 | 4.2 | 4.1 | 3.8 | 3.7 | 4.3 | 4.4 | 5.0 | 4.4 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 11.9 | 11.4 | 9.1  | 7.2  | 6.8  | 5.3  | 5.3  | 6.3  | 7.3  | 6.9  | 6.7  | 6.6  | 8.0   |
|      | 1.88 | 1.89 | 1.83 | 1.85 | 1.72 | 1.40 | 1.70 | 1.74 | 1.81 | 1.58 | 1.44 | 1.30 | 1.51  |
| 25   | 12.9 | 12.4 | 9.9  | 7.9  | 7.5  | 5.8  | 5.8  | 6.8  | 7.9  | 7.6  | 7.4  | 7.2  | 8.8   |
|      | 1.89 | 1.91 | 1.85 | 1.90 | 1.76 | 1.44 | 1.76 | 1.79 | 1.87 | 1.62 | 1.46 | 1.32 | 1.53  |
| 50   | 13.8 | 13.1 | 10.6 | 8.5  | 8.0  | 6.3  | 6.2  | 7.4  | 8.5  | 8.1  | 7.9  | 7.7  | 9.4   |
|      | 1.91 | 1.94 | 1.90 | 1.96 | 1.81 | 1.48 | 1.80 | 1.84 | 1.91 | 1.67 | 1.50 | 1.35 | 1.56  |
| 100  | 14.6 | 14.0 | 11.3 | 9.2  | 8.6  | 6.8  | 6.7  | 8.0  | 9.3  | 8.8  | 8.4  | 8.2  | 10.1  |
|      | 1.92 | 1.94 | 1.87 | 1.90 | 1.76 | 1.44 | 1.74 | 1.78 | 1.85 | 1.62 | 1.47 | 1.33 | 1.56  |
| 200  | 15.6 | 14.9 | 12.2 | 10.1 | 9.5  | 7.4  | 7.4  | 8.8  | 10.2 | 9.6  | 9.1  | 8.8  | 10.9  |
|      | 1.89 | 1.90 | 1.82 | 1.81 | 1.68 | 1.36 | 1.65 | 1.69 | 1.76 | 1.54 | 1.42 | 1.30 | 1.54  |
| Frec | 12.4 | 13.6 | 9.1  | 7.0  | 5.7  | 5.0  | 6.5  | 8.8  | 10.5 | 7.8  | 6.9  | 6.6  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 9.0  | 7.9  | 5.8  | 4.8  | 4.7  | 3.4  | 3.7  | 4.4  | 5.1  | 4.6  | 4.6  | 4.7  | 5.6   |
|      | 1.87 | 1.76 | 1.67 | 1.55 | 1.44 | 1.19 | 1.50 | 1.48 | 1.55 | 1.27 | 1.24 | 1.20 | 1.38  |
| 25   | 10.5 | 9.3  | 6.8  | 5.8  | 5.6  | 4.1  | 4.4  | 5.3  | 6.2  | 5.5  | 5.5  | 5.6  | 6.7   |
|      | 1.90 | 1.79 | 1.76 | 1.67 | 1.53 | 1.28 | 1.62 | 1.59 | 1.67 | 1.35 | 1.29 | 1.24 | 1.43  |
| 50   | 11.7 | 10.4 | 7.8  | 6.8  | 6.5  | 4.8  | 5.2  | 6.2  | 7.2  | 6.3  | 6.3  | 6.4  | 7.6   |
|      | 1.95 | 1.86 | 1.91 | 1.88 | 1.69 | 1.43 | 1.81 | 1.79 | 1.87 | 1.48 | 1.37 | 1.30 | 1.52  |
| 100  | 13.0 | 11.6 | 9.1  | 8.0  | 7.7  | 5.8  | 6.1  | 7.4  | 8.5  | 7.5  | 7.2  | 7.3  | 8.8   |
|      | 2.05 | 1.98 | 2.05 | 2.00 | 1.80 | 1.52 | 1.93 | 1.90 | 1.99 | 1.58 | 1.47 | 1.39 | 1.63  |
| 200  | 14.6 | 13.1 | 10.9 | 9.9  | 9.3  | 7.2  | 7.6  | 9.2  | 10.6 | 9.0  | 8.4  | 8.4  | 10.5  |
|      | 2.03 | 1.94 | 1.98 | 1.91 | 1.73 | 1.46 | 1.84 | 1.81 | 1.90 | 1.52 | 1.42 | 1.35 | 1.65  |
| Frec | 14.2 | 13.4 | 7.8  | 6.8  | 5.3  | 4.9  | 7.1  | 9.4  | 10.8 | 6.8  | 7.1  | 6.4  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 7.8  | 6.8  | 4.9  | 4.2  | 4.0  | 2.9  | 3.2  | 3.9  | 4.5  | 3.9  | 4.0  | 4.3  | 4.9   |
|      | 1.88 | 1.76 | 1.69 | 1.54 | 1.42 | 1.21 | 1.48 | 1.51 | 1.55 | 1.25 | 1.22 | 1.20 | 1.38  |
| 25   | 9.4  | 8.3  | 6.0  | 5.2  | 5.0  | 3.7  | 4.0  | 4.9  | 5.6  | 4.8  | 4.9  | 5.3  | 6.0   |
|      | 1.91 | 1.80 | 1.78 | 1.65 | 1.51 | 1.29 | 1.58 | 1.61 | 1.65 | 1.31 | 1.26 | 1.23 | 1.43  |
| 50   | 10.7 | 9.4  | 7.0  | 6.1  | 5.9  | 4.4  | 4.8  | 5.8  | 6.5  | 5.7  | 5.7  | 6.0  | 7.0   |
|      | 1.96 | 1.85 | 1.93 | 1.82 | 1.65 | 1.43 | 1.74 | 1.78 | 1.82 | 1.42 | 1.33 | 1.27 | 1.50  |
| 100  | 12.1 | 10.7 | 8.2  | 7.3  | 7.0  | 5.3  | 5.7  | 6.9  | 7.8  | 6.8  | 6.6  | 7.0  | 8.1   |
|      | 2.04 | 1.96 | 2.12 | 2.00 | 1.81 | 1.56 | 1.92 | 1.96 | 2.00 | 1.56 | 1.45 | 1.37 | 1.62  |
| 200  | 13.7 | 12.2 | 9.9  | 9.0  | 8.5  | 6.5  | 7.0  | 8.5  | 9.6  | 8.1  | 7.7  | 8.0  | 9.6   |
|      | 2.06 | 1.96 | 2.04 | 1.91 | 1.74 | 1.50 | 1.83 | 1.87 | 1.92 | 1.50 | 1.40 | 1.35 | 1.65  |
| Frec | 14.6 | 13.1 | 7.5  | 6.7  | 5.2  | 5.1  | 7.2  | 9.6  | 10.6 | 6.7  | 7.1  | 6.7  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 6.1  | 5.3  | 3.8  | 3.3  | 3.1  | 2.4  | 2.6  | 3.1  | 3.5  | 3.0  | 3.1  | 4.0  | 3.8   |
|      | 1.88 | 1.74 | 1.69 | 1.53 | 1.41 | 1.27 | 1.48 | 1.49 | 1.52 | 1.22 | 1.23 | 1.31 | 1.38  |
| 25   | 7.8  | 6.8  | 5.0  | 4.3  | 4.1  | 3.1  | 3.5  | 4.2  | 4.6  | 4.0  | 4.1  | 5.2  | 5.0   |
|      | 1.91 | 1.77 | 1.77 | 1.62 | 1.49 | 1.34 | 1.56 | 1.58 | 1.61 | 1.27 | 1.26 | 1.34 | 1.43  |
| 50   | 9.2  | 8.0  | 6.0  | 5.2  | 4.9  | 3.8  | 4.2  | 5.0  | 5.6  | 4.8  | 4.9  | 6.2  | 6.0   |
|      | 1.95 | 1.82 | 1.90 | 1.76 | 1.60 | 1.45 | 1.70 | 1.71 | 1.74 | 1.35 | 1.31 | 1.38 | 1.49  |
| 100  | 10.7 | 9.4  | 7.1  | 6.3  | 6.0  | 4.7  | 5.1  | 6.1  | 6.8  | 5.8  | 5.9  | 7.2  | 7.2   |
|      | 2.02 | 1.91 | 2.13 | 2.00 | 1.81 | 1.65 | 1.93 | 1.94 | 1.98 | 1.50 | 1.41 | 1.44 | 1.60  |
| 200  | 12.3 | 10.8 | 8.6  | 7.7  | 7.3  | 5.7  | 6.3  | 7.5  | 8.2  | 7.0  | 6.9  | 8.4  | 8.5   |
|      | 2.07 | 1.95 | 2.07 | 1.92 | 1.75 | 1.59 | 1.86 | 1.87 | 1.91 | 1.47 | 1.42 | 1.47 | 1.64  |
| Frec | 14.4 | 12.4 | 7.4  | 6.5  | 5.2  | 5.3  | 7.5  | 9.7  | 10.1 | 6.7  | 7.0  | 7.6  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 7.2     | 623  | 5.1     | 259  | 4.5     | 169 | 3.5     | 81  |
| 25  | 7.9     | 794  | 6.1     | 399  | 5.5     | 290 | 4.6     | 171 |
| 50  | 8.4     | 940  | 6.9     | 534  | 6.3     | 412 | 5.4     | 271 |
| 100 | 9.0     | 1165 | 7.9     | 731  | 7.3     | 579 | 6.4     | 404 |
| 200 | 9.8     | 1508 | 9.4     | 1194 | 8.6     | 936 | 7.6     | 650 |

Murcia

37° 58' 00" N    01° 14' 00" W                    UTM 30   E 655191 m   N 4203658 m                    75 m s.n.m.

Situada en el valle de orientación SW-NE, que tiene la Sierra de Carrascoy (> 500 m) a 100 km al SE y una zona de pequeñas colinas a 3-4 km hacia el NW. El aeropuerto se encuentra en los suburbios de la ciudad de Alcantarilla y está, por lo tanto, rodeado de zonas edificadas, excepto en los sectores W, NW y N. El anemómetro se encuentra a 7.7 m por encima de la cubierta de un edificio de 3.2 m de altura.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3   | z04  | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 500  | 0.10 |      |      |      |      |    |     |    |     | -2   |      |
| 30   | 0.10 | 1000 | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     | -15  |      |
| 60   | 0.10 | 1000 | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     | -17  |      |
| 90   | 0.10 | 600  | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     | -16  |      |
| 120  | 0.20 | 1000 | 0.05 | 5000 | 0.20 |      |      |    |     |    |     | -20  |      |
| 150  | 0.20 | 2000 | 0.05 | 4000 | 0.20 |      |      |    |     |    |     | -17  |      |
| 180  | 0.10 | 500  | 0.30 | 2000 | 0.05 | 5000 | 0.20 |    |     |    |     | -6   |      |
| 210  | 0.10 | 2000 | 0.05 | 7000 | 0.20 |      |      |    |     |    |     | -13  |      |
| 240  | 0.10 | 300  | 0.01 | 3000 | 0.10 |      |      |    |     |    |     | -21  |      |
| 270  | 0.01 | 500  | 0.10 |      |      |      |      |    |     |    |     | -20  |      |
| 300  | 0.01 | 500  | 0.10 |      |      |      |      |    |     |    |     | -6   |      |
| 330  | 0.01 | 500  | 0.10 |      |      |      |      |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 10.9 m s.n.s. Período: 72060612-82123118

| Sect  | Frec  | <1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 5.4   | 307 | 16 | 92  | 173 | 193 | 109 | 57  | 16  | 13 | 22 | 1  | 0  | 1  | 0   | 4.2 | 1.90 |
| 30    | 10.0  | 168 | 8  | 49  | 136 | 138 | 150 | 113 | 90  | 48 | 69 | 18 | 7  | 6  | 0   | 6.0 | 2.03 |
| 60    | 15.3  | 101 | 6  | 46  | 105 | 184 | 143 | 146 | 110 | 55 | 90 | 11 | 2  | 2  | 0   | 6.3 | 2.35 |
| 90    | 8.5   | 223 | 15 | 102 | 127 | 204 | 148 | 104 | 38  | 15 | 13 | 8  | 0  | 1  | 0   | 4.8 | 2.29 |
| 120   | 7.1   | 248 | 14 | 78  | 155 | 176 | 177 | 96  | 41  | 9  | 5  | 0  | 0  | 0  | 0   | 4.6 | 2.43 |
| 150   | 6.3   | 257 | 16 | 84  | 117 | 164 | 141 | 117 | 70  | 27 | 6  | 0  | 0  | 0  | 0   | 4.8 | 2.29 |
| 180   | 5.3   | 272 | 38 | 121 | 145 | 139 | 113 | 94  | 56  | 14 | 8  | 1  | 0  | 0  | 0   | 4.2 | 1.89 |
| 210   | 9.4   | 158 | 40 | 82  | 144 | 192 | 120 | 107 | 81  | 41 | 32 | 2  | 1  | 0  | 0   | 5.2 | 2.17 |
| 240   | 7.9   | 173 | 66 | 188 | 218 | 181 | 86  | 34  | 21  | 18 | 11 | 1  | 1  | 1  | 0   | 4.0 | 1.90 |
| 270   | 8.0   | 189 | 60 | 238 | 223 | 134 | 58  | 36  | 30  | 13 | 15 | 4  | 0  | 0  | 0   | 3.8 | 1.69 |
| 300   | 9.4   | 149 | 71 | 228 | 146 | 105 | 83  | 67  | 49  | 28 | 55 | 9  | 7  | 5  | 0   | 4.3 | 1.36 |
| 330   | 7.4   | 187 | 39 | 149 | 205 | 180 | 80  | 47  | 41  | 24 | 41 | 6  | 0  | 1  | 0   | 4.4 | 1.68 |
| Total | 100.0 | 187 | 31 | 117 | 153 | 166 | 119 | 90  | 60  | 29 | 37 | 6  | 2  | 2  | 0   | 4.9 | 1.89 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 3   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 6   | 2.8 | 3.0 | 3.0 | 3.1 | 2.6 | 2.5 | 2.8 | 2.8 | 2.3 | 2.6 | 3.0 | 2.7 | 2.8 |
| 9   | 3.2 | 3.9 | 4.4 | 4.6 | 4.2 | 4.1 | 4.2 | 3.9 | 3.5 | 3.9 | 3.5 | 3.5 | 3.9 |
| 12  | 4.5 | 4.7 | 5.7 | 6.0 | 6.0 | 6.0 | 5.9 | 5.4 | 5.0 | 4.9 | 4.5 | 4.5 | 5.3 |
| 15  | 4.6 | 5.7 | 6.2 | 6.6 | 6.4 | 6.5 | 6.4 | 6.3 | 5.8 | 5.6 | 5.0 | 4.7 | 5.8 |
| 18  | 3.5 | 4.7 | 5.4 | 5.7 | 5.7 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 4.8 | 4.6 | 3.6 | 3.1 | 4.8 |
| 21  | 2.4 | 2.1 | 3.6 | 3.8 | 3.8 | 3.7 | 4.1 | 4.2 | 3.1 | 3.0 | 3.4 | 1.8 | 3.6 |
| Día | 3.8 | 4.4 | 4.9 | 5.2 | 4.9 | 4.9 | 4.9 | 4.8 | 4.2 | 4.3 | 3.9 | 3.7 | 4.5 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 6.4  | 10.6 | 12.6 | 11.2 | 9.8  | 9.9  | 8.5  | 9.3  | 8.1  | 7.1  | 6.9  | 6.7  | 9.2   |
|      | 2.15 | 1.88 | 2.40 | 2.37 | 2.69 | 2.63 | 2.25 | 2.43 | 2.22 | 2.06 | 1.65 | 1.78 | 1.94  |
| 25   | 7.0  | 11.5 | 13.7 | 12.2 | 10.7 | 10.9 | 9.3  | 10.1 | 8.9  | 7.8  | 7.6  | 7.3  | 10.1  |
|      | 2.21 | 1.90 | 2.42 | 2.40 | 2.75 | 2.69 | 2.31 | 2.49 | 2.29 | 2.13 | 1.69 | 1.83 | 1.97  |
| 50   | 7.6  | 12.3 | 14.6 | 13.0 | 11.4 | 11.6 | 9.9  | 10.8 | 9.6  | 8.3  | 8.1  | 7.8  | 10.8  |
|      | 2.27 | 1.93 | 2.46 | 2.45 | 2.83 | 2.77 | 2.37 | 2.56 | 2.35 | 2.18 | 1.73 | 1.88 | 2.02  |
| 100  | 8.2  | 13.1 | 15.5 | 13.9 | 12.3 | 12.5 | 10.7 | 11.7 | 10.4 | 9.0  | 8.7  | 8.5  | 11.6  |
|      | 2.20 | 1.92 | 2.45 | 2.43 | 2.76 | 2.70 | 2.31 | 2.50 | 2.28 | 2.11 | 1.69 | 1.82 | 2.01  |
| 200  | 9.1  | 14.0 | 16.6 | 15.0 | 13.5 | 13.6 | 11.8 | 12.8 | 11.4 | 10.0 | 9.5  | 9.4  | 12.6  |
|      | 2.08 | 1.88 | 2.41 | 2.37 | 2.65 | 2.60 | 2.20 | 2.39 | 2.17 | 2.00 | 1.62 | 1.73 | 1.97  |
| Frec | 6.1  | 8.4  | 13.5 | 10.7 | 7.6  | 6.6  | 5.7  | 8.0  | 8.4  | 7.9  | 9.0  | 8.1  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.4  | 8.3  | 9.1  | 7.4  | 6.9  | 7.1  | 5.5  | 6.7  | 5.3  | 4.8  | 4.8  | 4.5  | 6.5   |
|      | 1.84 | 1.94 | 2.29 | 2.22 | 2.38 | 2.26 | 1.86 | 2.12 | 1.85 | 1.69 | 1.38 | 1.60 | 1.76  |
| 25   | 5.3  | 9.7  | 10.7 | 8.8  | 8.1  | 8.4  | 6.6  | 7.9  | 6.3  | 5.8  | 5.7  | 5.4  | 7.7   |
|      | 1.98 | 1.98 | 2.35 | 2.32 | 2.53 | 2.38 | 2.01 | 2.24 | 2.00 | 1.82 | 1.46 | 1.72 | 1.83  |
| 50   | 6.1  | 10.8 | 11.9 | 9.9  | 9.3  | 9.5  | 7.6  | 9.0  | 7.3  | 6.7  | 6.6  | 6.3  | 8.8   |
|      | 2.23 | 2.06 | 2.43 | 2.48 | 2.77 | 2.58 | 2.26 | 2.44 | 2.25 | 2.05 | 1.59 | 1.94 | 1.96  |
| 100  | 7.3  | 12.1 | 13.4 | 11.3 | 10.8 | 11.0 | 9.0  | 10.4 | 8.7  | 8.0  | 7.7  | 7.5  | 10.1  |
|      | 2.37 | 2.20 | 2.60 | 2.67 | 2.97 | 2.77 | 2.40 | 2.62 | 2.40 | 2.17 | 1.71 | 2.06 | 2.12  |
| 200  | 9.0  | 13.8 | 15.2 | 13.3 | 13.2 | 13.1 | 11.2 | 12.6 | 10.8 | 9.9  | 9.2  | 9.4  | 12.1  |
|      | 2.27 | 2.15 | 2.54 | 2.58 | 2.85 | 2.67 | 2.30 | 2.52 | 2.29 | 2.08 | 1.64 | 1.97 | 2.13  |
| Frec | 5.6  | 9.4  | 14.7 | 9.2  | 7.3  | 6.4  | 5.5  | 8.9  | 8.1  | 8.0  | 9.4  | 7.6  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.8  | 7.4  | 8.0  | 6.2  | 6.0  | 6.2  | 4.6  | 5.8  | 4.4  | 4.2  | 4.1  | 4.0  | 5.7   |
|      | 1.88 | 2.00 | 2.33 | 2.27 | 2.40 | 2.26 | 1.85 | 2.14 | 1.85 | 1.67 | 1.37 | 1.67 | 1.76  |
| 25   | 4.8  | 8.9  | 9.7  | 7.6  | 7.3  | 7.5  | 5.7  | 7.2  | 5.5  | 5.2  | 5.1  | 4.9  | 6.9   |
|      | 2.01 | 2.05 | 2.38 | 2.37 | 2.54 | 2.37 | 1.98 | 2.25 | 1.98 | 1.79 | 1.43 | 1.79 | 1.83  |
| 50   | 5.6  | 10.1 | 11.0 | 8.8  | 8.5  | 8.7  | 6.7  | 8.3  | 6.5  | 6.1  | 6.0  | 5.8  | 8.0   |
|      | 2.22 | 2.11 | 2.46 | 2.53 | 2.76 | 2.54 | 2.19 | 2.42 | 2.20 | 1.98 | 1.54 | 1.98 | 1.94  |
| 100  | 6.6  | 11.5 | 12.5 | 10.2 | 10.0 | 10.1 | 8.0  | 9.7  | 7.7  | 7.3  | 7.0  | 6.9  | 9.3   |
|      | 2.44 | 2.24 | 2.61 | 2.78 | 3.03 | 2.79 | 2.41 | 2.66 | 2.41 | 2.17 | 1.69 | 2.17 | 2.11  |
| 200  | 8.2  | 13.2 | 14.2 | 12.1 | 12.1 | 12.1 | 9.9  | 11.6 | 9.5  | 9.0  | 8.4  | 8.5  | 11.1  |
|      | 2.34 | 2.23 | 2.60 | 2.69 | 2.91 | 2.69 | 2.31 | 2.56 | 2.31 | 2.08 | 1.63 | 2.08 | 2.13  |
| Frec | 5.4  | 9.7  | 15.1 | 8.7  | 7.1  | 6.3  | 5.4  | 9.3  | 7.9  | 8.0  | 9.5  | 7.5  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.4  | 5.8  | 6.2  | 4.8  | 4.7  | 4.7  | 3.8  | 4.5  | 3.5  | 3.3  | 3.2  | 3.1  | 4.4   |
|      | 1.58 | 2.04 | 2.32 | 2.28 | 2.40 | 2.20 | 1.92 | 2.08 | 1.85 | 1.62 | 1.37 | 1.67 | 1.76  |
| 25   | 4.4  | 7.5  | 8.0  | 6.2  | 6.1  | 6.2  | 4.9  | 5.9  | 4.6  | 4.3  | 4.2  | 4.1  | 5.8   |
|      | 1.67 | 2.08 | 2.37 | 2.37 | 2.51 | 2.30 | 2.03 | 2.18 | 1.96 | 1.71 | 1.42 | 1.77 | 1.82  |
| 50   | 5.4  | 8.9  | 9.4  | 7.4  | 7.3  | 7.4  | 6.0  | 7.0  | 5.5  | 5.2  | 5.1  | 4.9  | 6.9   |
|      | 1.82 | 2.14 | 2.43 | 2.51 | 2.69 | 2.43 | 2.21 | 2.32 | 2.13 | 1.86 | 1.51 | 1.93 | 1.92  |
| 100  | 6.5  | 10.3 | 11.0 | 8.8  | 8.7  | 8.7  | 7.2  | 8.3  | 6.6  | 6.3  | 6.1  | 6.0  | 8.2   |
|      | 2.07 | 2.24 | 2.55 | 2.78 | 3.02 | 2.69 | 2.52 | 2.58 | 2.43 | 2.12 | 1.68 | 2.19 | 2.08  |
| 200  | 8.0  | 12.0 | 12.7 | 10.5 | 10.5 | 10.4 | 8.8  | 10.0 | 8.1  | 7.7  | 7.3  | 7.3  | 9.8   |
|      | 1.99 | 2.29 | 2.60 | 2.75 | 2.94 | 2.65 | 2.42 | 2.53 | 2.34 | 2.04 | 1.65 | 2.12 | 2.12  |
| Frec | 5.6  | 10.4 | 14.8 | 8.4  | 7.0  | 6.3  | 5.7  | 9.3  | 7.9  | 8.3  | 9.2  | 7.2  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |      | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|-----|
| 10  | 8.2     | 660  | 5.8     | 260  | 5.0     | 171  | 3.9     | 82  |
| 25  | 8.9     | 842  | 6.8     | 409  | 6.1     | 298  | 5.1     | 175 |
| 50  | 9.5     | 1006 | 7.8     | 560  | 7.1     | 433  | 6.1     | 282 |
| 100 | 10.2    | 1255 | 9.0     | 799  | 8.3     | 628  | 7.3     | 433 |
| 200 | 11.1    | 1639 | 10.7    | 1339 | 9.8     | 1043 | 8.7     | 718 |

Palma de Mallorca

39° 33' 00" N    02° 44' 00" E            UTM 31   E 477087 m   N 4377922 m            4 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Son San Juan, al E de los suburbios de la ciudad de Palma de Mallorca (Islas Baleares). Hacia el S y el SW está la Bahía de Palma. A unos 15 km al NW se encuentra la cadena montañosa de la Sierra de Alfàbia, orientada en la dirección SW–NE con alturas de más de 1000 m.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3   | z04  | x4   | z05  | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 600  | 0.30 |      |      |      |      |      |      |    |     |      |      |
| 30   | 0.01 | 600  | 0.30 |      |      |      |      |      |      |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 2000 | 0.05 | 4500 | 0.30 |      |      |      |      |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 1250 | 0.30 | 2150 | 0.01 | 8500 | 0.30 |      |      |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 1000 | 0.10 | 3000 | 0.30 |      |      |      |      |    |     |      |      |
| 150  | 0.01 | 1000 | 0.30 | 2000 | 0.00 | 6000 | 0.05 |      |      |    |     |      |      |
| 180  | 0.01 | 600  | 0.30 | 1500 | 0.00 |      |      |      |      |    |     |      |      |
| 210  | 0.01 | 500  | 0.10 | 1000 | 0.00 |      |      |      |      |    |     |      |      |
| 240  | 0.01 | 500  | 0.20 | 1000 | 0.00 |      |      |      |      |    |     |      |      |
| 270  | 0.01 | 250  | 0.10 | 500  | 0.30 | 1700 | 0.00 | 8000 | 0.30 |    |     |      |      |
| 300  | 0.01 | 1000 | 0.30 |      |      |      |      |      |      |    |     |      |      |
| 330  | 0.01 | 500  | 0.10 | 3000 | 0.30 |      |      |      |      |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s. Período: 72060606–82123121

| Sect  | Frec  | < 1 | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 4.3   | 868 | 8  | 40  | 34  | 17  | 10  | 6   | 10 | 4  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.3 | 0.50 |
| 30    | 6.0   | 606 | 22 | 53  | 82  | 52  | 50  | 46  | 44 | 18 | 20 | 5  | 1  | 1  | 0   | 2.2 | 0.92 |
| 60    | 16.0  | 240 | 28 | 113 | 144 | 112 | 95  | 101 | 90 | 31 | 39 | 4  | 1  | 0  | 0   | 4.7 | 1.76 |
| 90    | 7.5   | 491 | 31 | 120 | 115 | 91  | 64  | 45  | 25 | 11 | 4  | 1  | 0  | 1  | 0   | 2.7 | 1.23 |
| 120   | 4.5   | 820 | 27 | 49  | 38  | 23  | 23  | 12  | 5  | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.4 | 0.55 |
| 150   | 4.6   | 810 | 15 | 34  | 65  | 28  | 23  | 19  | 3  | 2  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0.5 | 0.57 |
| 180   | 4.4   | 805 | 13 | 46  | 50  | 23  | 21  | 17  | 20 | 2  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.5 | 0.57 |
| 210   | 13.7  | 267 | 14 | 81  | 136 | 136 | 132 | 123 | 73 | 17 | 21 | 1  | 0  | 0  | 0   | 4.8 | 2.07 |
| 240   | 16.1  | 230 | 12 | 77  | 125 | 132 | 127 | 128 | 98 | 31 | 37 | 3  | 0  | 0  | 0   | 5.2 | 2.15 |
| 270   | 7.7   | 510 | 15 | 69  | 103 | 76  | 55  | 55  | 49 | 20 | 40 | 7  | 1  | 0  | 0   | 3.2 | 1.15 |
| 300   | 8.4   | 444 | 13 | 69  | 88  | 94  | 77  | 77  | 70 | 25 | 33 | 8  | 1  | 0  | 0   | 3.8 | 1.35 |
| 330   | 6.7   | 546 | 13 | 53  | 58  | 59  | 70  | 72  | 62 | 16 | 38 | 10 | 2  | 1  | 0   | 3.1 | 1.07 |
| Total | 100.0 | 446 | 18 | 76  | 103 | 90  | 80  | 78  | 60 | 19 | 25 | 4  | 1  | 0  | 0   | 3.6 | 1.36 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 2.0 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 0.8 | 1.1 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 1.6 | 1.4 | 2.3 | 1.3 |
| 3   | 1.9 | 2.0 | 1.5 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 1.6 | 1.4 | 2.5 | 1.3 |
| 6   | 1.9 | 1.8 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 1.5 | 1.2 | 2.2 | 1.3 |
| 9   | 2.1 | 2.2 | 2.7 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.2 | 2.8 | 2.2 | 2.8 | 1.8 | 2.4 | 2.7 |
| 12  | 4.4 | 4.8 | 5.3 | 5.4 | 5.5 | 6.0 | 5.9 | 5.5 | 4.9 | 4.8 | 4.2 | 4.8 | 5.1 |
| 15  | 4.9 | 5.4 | 5.6 | 5.6 | 5.5 | 6.1 | 6.5 | 5.9 | 5.5 | 5.2 | 4.7 | 5.1 | 5.5 |
| 18  | 2.9 | 3.4 | 3.5 | 4.1 | 4.0 | 4.7 | 4.8 | 4.5 | 3.4 | 2.9 | 2.1 | 3.0 | 3.6 |
| 21  | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | 1.8 | 1.6 | 1.2 | 1.1 | 1.7 | 1.4 | 2.4 | 1.7 |
| Día | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 2.9 | 3.2 | 3.1 | 2.8 | 2.4 | 2.8 | 2.3 | 3.1 | 2.8 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 1.7  | 3.2  | 7.2  | 5.6  | 2.0  | 1.3  | 1.0  | 5.6  | 6.4  | 6.1  | 6.1  | 5.6  | 5.1   |
|      | 0.71 | 0.94 | 2.05 | 1.72 | 0.92 | 0.82 | 0.67 | 1.90 | 2.13 | 1.79 | 1.53 | 1.32 | 1.41  |
| 25   | 1.9  | 3.5  | 7.9  | 6.2  | 2.2  | 1.5  | 1.2  | 6.1  | 7.0  | 6.7  | 6.7  | 6.2  | 5.6   |
|      | 0.72 | 0.95 | 2.11 | 1.77 | 0.94 | 0.84 | 0.69 | 1.96 | 2.20 | 1.84 | 1.58 | 1.35 | 1.44  |
| 50   | 2.0  | 3.8  | 8.5  | 6.6  | 2.4  | 1.6  | 1.3  | 6.6  | 7.5  | 7.2  | 7.2  | 6.6  | 6.1   |
|      | 0.74 | 0.98 | 2.17 | 1.82 | 0.96 | 0.86 | 0.70 | 2.01 | 2.26 | 1.89 | 1.62 | 1.39 | 1.47  |
| 100  | 2.1  | 4.1  | 9.2  | 7.2  | 2.6  | 1.7  | 1.3  | 7.1  | 8.1  | 7.8  | 7.8  | 7.1  | 6.5   |
|      | 0.73 | 0.96 | 2.10 | 1.76 | 0.94 | 0.84 | 0.69 | 1.95 | 2.19 | 1.83 | 1.58 | 1.36 | 1.44  |
| 200  | 2.3  | 4.3  | 10.2 | 7.9  | 2.8  | 1.8  | 1.4  | 7.9  | 9.0  | 8.6  | 8.5  | 7.7  | 7.2   |
|      | 0.71 | 0.93 | 1.99 | 1.67 | 0.89 | 0.80 | 0.66 | 1.85 | 2.07 | 1.74 | 1.50 | 1.31 | 1.38  |
| Frec | 4.9  | 5.6  | 13.5 | 9.6  | 5.3  | 4.6  | 4.5  | 11.4 | 15.5 | 9.7  | 8.2  | 7.1  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 0.6  | 2.6  | 5.1  | 2.9  | 0.7  | 0.5  | 0.4  | 4.1  | 4.5  | 3.5  | 4.4  | 3.6  | 3.4   |
|      | 0.61 | 0.92 | 1.79 | 1.25 | 0.65 | 0.60 | 0.51 | 1.73 | 1.79 | 1.17 | 1.36 | 1.08 | 1.21  |
| 25   | 0.8  | 3.2  | 6.2  | 3.6  | 0.9  | 0.7  | 0.5  | 4.9  | 5.4  | 4.3  | 5.3  | 4.3  | 4.2   |
|      | 0.64 | 0.96 | 1.94 | 1.34 | 0.69 | 0.63 | 0.53 | 1.86 | 1.93 | 1.26 | 1.45 | 1.13 | 1.28  |
| 50   | 1.0  | 3.7  | 7.1  | 4.2  | 1.1  | 0.9  | 0.7  | 5.7  | 6.3  | 5.0  | 6.2  | 5.0  | 4.9   |
|      | 0.70 | 1.04 | 2.18 | 1.51 | 0.76 | 0.69 | 0.58 | 2.09 | 2.17 | 1.40 | 1.60 | 1.21 | 1.38  |
| 100  | 1.3  | 4.4  | 8.5  | 5.0  | 1.4  | 1.1  | 0.8  | 6.8  | 7.5  | 6.0  | 7.3  | 5.8  | 5.8   |
|      | 0.74 | 1.11 | 2.32 | 1.60 | 0.80 | 0.72 | 0.60 | 2.23 | 2.31 | 1.49 | 1.71 | 1.30 | 1.46  |
| 200  | 1.6  | 5.2  | 10.5 | 6.2  | 1.7  | 1.3  | 1.0  | 8.4  | 9.3  | 7.4  | 8.9  | 6.9  | 7.1   |
|      | 0.71 | 1.07 | 2.21 | 1.53 | 0.77 | 0.70 | 0.58 | 2.13 | 2.21 | 1.42 | 1.64 | 1.26 | 1.42  |
| Frec | 4.3  | 6.0  | 15.9 | 7.6  | 4.5  | 4.6  | 4.4  | 13.7 | 16.1 | 7.6  | 8.4  | 6.7  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 0.4  | 2.8  | 4.4  | 2.5  | 0.4  | 0.4  | 1.0  | 3.6  | 3.9  | 3.1  | 3.8  | 3.0  | 3.0   |
|      | 0.51 | 1.07 | 1.78 | 1.22 | 0.56 | 0.59 | 0.70 | 1.73 | 1.75 | 1.17 | 1.35 | 1.04 | 1.20  |
| 25   | 0.5  | 3.5  | 5.5  | 3.1  | 0.5  | 0.6  | 1.3  | 4.4  | 4.8  | 3.9  | 4.7  | 3.7  | 3.7   |
|      | 0.53 | 1.13 | 1.90 | 1.30 | 0.59 | 0.62 | 0.74 | 1.85 | 1.87 | 1.25 | 1.43 | 1.08 | 1.26  |
| 50   | 0.6  | 4.2  | 6.4  | 3.7  | 0.7  | 0.8  | 1.6  | 5.2  | 5.7  | 4.6  | 5.6  | 4.3  | 4.4   |
|      | 0.56 | 1.22 | 2.11 | 1.44 | 0.64 | 0.67 | 0.80 | 2.05 | 2.07 | 1.37 | 1.56 | 1.15 | 1.36  |
| 100  | 0.7  | 5.0  | 7.7  | 4.4  | 0.9  | 1.0  | 2.1  | 6.2  | 6.8  | 5.6  | 6.6  | 5.1  | 5.3   |
|      | 0.60 | 1.33 | 2.31 | 1.57 | 0.69 | 0.72 | 0.87 | 2.25 | 2.27 | 1.51 | 1.71 | 1.26 | 1.46  |
| 200  | 0.9  | 6.0  | 9.5  | 5.4  | 1.1  | 1.2  | 2.5  | 7.7  | 8.4  | 6.8  | 8.0  | 6.0  | 6.5   |
|      | 0.58 | 1.28 | 2.22 | 1.51 | 0.66 | 0.70 | 0.84 | 2.15 | 2.17 | 1.44 | 1.64 | 1.22 | 1.42  |
| Frec | 4.4  | 6.8  | 15.4 | 7.2  | 4.6  | 4.6  | 5.2  | 13.9 | 15.3 | 7.7  | 8.3  | 6.5  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 0.5  | 2.6  | 3.4  | 1.8  | 0.6  | 0.6  | 1.5  | 2.9  | 3.0  | 2.5  | 3.0  | 2.1  | 2.4   |
|      | 0.58 | 1.25 | 1.74 | 1.13 | 0.69 | 0.70 | 0.95 | 1.75 | 1.69 | 1.21 | 1.32 | 0.99 | 1.22  |
| 25   | 0.6  | 3.5  | 4.5  | 2.4  | 0.8  | 0.8  | 2.0  | 3.8  | 4.0  | 3.3  | 3.9  | 2.8  | 3.2   |
|      | 0.59 | 1.32 | 1.84 | 1.19 | 0.73 | 0.74 | 1.00 | 1.85 | 1.79 | 1.27 | 1.38 | 1.02 | 1.28  |
| 50   | 0.8  | 4.3  | 5.4  | 2.9  | 1.0  | 1.0  | 2.5  | 4.6  | 4.8  | 4.1  | 4.7  | 3.4  | 3.9   |
|      | 0.62 | 1.43 | 2.00 | 1.29 | 0.77 | 0.79 | 1.08 | 2.01 | 1.94 | 1.37 | 1.48 | 1.08 | 1.36  |
| 100  | 1.0  | 5.2  | 6.5  | 3.6  | 1.3  | 1.3  | 3.1  | 5.5  | 5.9  | 5.0  | 5.7  | 4.2  | 4.7   |
|      | 0.66 | 1.62 | 2.28 | 1.46 | 0.87 | 0.88 | 1.22 | 2.29 | 2.21 | 1.56 | 1.66 | 1.17 | 1.51  |
| 200  | 1.2  | 6.3  | 8.0  | 4.3  | 1.5  | 1.5  | 3.8  | 6.8  | 7.2  | 6.1  | 6.9  | 4.9  | 5.7   |
|      | 0.66 | 1.56 | 2.19 | 1.41 | 0.84 | 0.85 | 1.17 | 2.21 | 2.13 | 1.50 | 1.62 | 1.16 | 1.47  |
| Frec | 4.6  | 8.1  | 14.3 | 6.8  | 4.6  | 4.6  | 6.4  | 14.2 | 14.3 | 7.8  | 8.1  | 6.3  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |     | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 4.7     | 187 | 3.2     | 81  | 2.8     | 53  | 2.2     | 26  |
| 25  | 5.1     | 236 | 3.9     | 124 | 3.5     | 91  | 2.9     | 54  |
| 50  | 5.5     | 281 | 4.4     | 165 | 4.0     | 128 | 3.5     | 85  |
| 100 | 5.9     | 370 | 5.3     | 251 | 4.8     | 190 | 4.2     | 126 |
| 200 | 6.5     | 529 | 6.5     | 497 | 5.9     | 369 | 5.2     | 237 |

Pamplona

42° 46' 12" N    01° 38' 46" W            UTM 30   E 610769 m   N 4736248 m            454 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Pamplona, a unos 5 km al S de la ciudad, y a unos 600 m al NW del pueblo de Noain.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3    | z04  | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|-------|------|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.03 | 250  | 0.10 | 3000 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.03 | 125  | 0.10 | 1000 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.03 | 500  | 0.10 |      |      |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.03 | 500  | 0.10 |      |      |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.03 | 500  | 0.30 | 1250 | 0.10 | 10000 | 0.30 |    |     |    |     | -2   |      |
| 150  | 0.03 | 750  | 0.30 | 2000 | 0.10 | 7000  | 0.30 |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.03 | 500  | 0.20 | 2000 | 0.15 | 9000  | 0.30 |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.03 | 800  | 0.10 | 6000 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.03 | 1000 | 0.10 | 2500 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.03 | 1000 | 0.10 | 5000 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.03 | 1000 | 0.10 | 4000 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.03 | 2000 | 0.10 | 4500 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s. Período: 73080815–82123118

| Sect  | Frec  | <1  | 2  | 3  | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 13.6  | 258 | 12 | 45 | 75  | 97  | 118 | 111 | 99  | 60 | 101 | 17 | 5  | 2  | 0   | 6.1 | 2.03 |
| 30    | 4.5   | 810 | 6  | 44 | 22  | 37  | 40  | 8   | 12  | 3  | 12  | 2  | 2  | 0  | 2   | 0.5 | 0.52 |
| 60    | 4.0   | 924 | 12 | 27 | 21  | 8   | 4   | 1   | 1   | 0  | 2   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.7 | 0.78 |
| 90    | 4.5   | 804 | 8  | 56 | 42  | 25  | 26  | 16  | 8   | 1  | 10  | 1  | 0  | 3  | 0   | 0.5 | 0.54 |
| 120   | 6.2   | 522 | 10 | 46 | 57  | 72  | 65  | 70  | 61  | 30 | 60  | 3  | 2  | 0  | 2   | 3.5 | 1.14 |
| 150   | 7.6   | 449 | 11 | 64 | 68  | 69  | 58  | 60  | 57  | 40 | 87  | 23 | 3  | 8  | 2   | 4.3 | 1.19 |
| 180   | 7.9   | 424 | 21 | 73 | 112 | 116 | 87  | 58  | 44  | 24 | 29  | 6  | 1  | 5  | 1   | 3.9 | 1.34 |
| 210   | 4.9   | 669 | 11 | 47 | 63  | 61  | 68  | 44  | 17  | 6  | 11  | 1  | 1  | 1  | 0   | 1.7 | 0.83 |
| 240   | 4.8   | 742 | 6  | 40 | 37  | 49  | 30  | 26  | 24  | 14 | 25  | 2  | 2  | 3  | 0   | 1.1 | 0.65 |
| 270   | 4.7   | 741 | 18 | 45 | 76  | 29  | 29  | 24  | 22  | 4  | 11  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0.9 | 0.67 |
| 300   | 10.6  | 331 | 10 | 92 | 137 | 127 | 87  | 85  | 59  | 25 | 37  | 9  | 0  | 1  | 0   | 4.4 | 1.60 |
| 330   | 26.6  | 138 | 7  | 45 | 79  | 111 | 155 | 149 | 112 | 69 | 118 | 13 | 2  | 1  | 1   | 6.7 | 2.55 |
| Total | 100.0 | 420 | 10 | 53 | 76  | 85  | 91  | 83  | 65  | 37 | 65  | 9  | 2  | 2  | 1   | 4.4 | 1.41 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| 3   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| 6   | 2.4 | 2.6 | 2.2 | 2.2 | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 1.1 | 1.2 | 1.7 | 1.8 | 2.7 | 1.8 |
| 9   | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 3.9 | 3.2 | 3.0 | 3.0 | 2.3 | 2.3 | 2.6 | 2.1 | 2.8 | 2.7 |
| 12  | 3.8 | 4.2 | 4.5 | 5.6 | 4.6 | 4.7 | 5.0 | 4.1 | 3.9 | 4.3 | 3.5 | 3.7 | 4.3 |
| 15  | 4.5 | 5.1 | 5.5 | 6.5 | 5.2 | 6.0 | 6.0 | 5.8 | 5.2 | 4.7 | 4.2 | 4.3 | 5.2 |
| 18  | 3.2 | 4.0 | 4.4 | 5.9 | 5.1 | 6.1 | 6.5 | 6.3 | 4.7 | 3.7 | 3.6 | 3.3 | 4.8 |
| 21  | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| Día | 3.3 | 3.7 | 3.9 | 4.9 | 3.9 | 4.2 | 4.4 | 3.9 | 3.5 | 3.5 | 3.1 | 3.4 | 3.8 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 10.9 | 7.5  | 1.0  | 1.1  | 4.6  | 7.1  | 6.9  | 5.0  | 2.5  | 1.9  | 6.8  | 10.6 | 7.3   |
|      | 2.53 | 1.44 | 0.63 | 0.64 | 1.02 | 1.28 | 1.39 | 1.24 | 0.80 | 0.74 | 1.67 | 2.69 | 1.44  |
| 25   | 11.8 | 8.2  | 1.1  | 1.2  | 5.0  | 7.8  | 7.6  | 5.4  | 2.7  | 2.1  | 7.5  | 11.6 | 8.0   |
|      | 2.57 | 1.46 | 0.63 | 0.65 | 1.03 | 1.30 | 1.41 | 1.26 | 0.81 | 0.74 | 1.71 | 2.74 | 1.46  |
| 50   | 12.6 | 8.8  | 1.3  | 1.3  | 5.3  | 8.3  | 8.1  | 5.8  | 3.0  | 2.2  | 8.0  | 12.4 | 8.6   |
|      | 2.63 | 1.49 | 0.65 | 0.67 | 1.05 | 1.32 | 1.44 | 1.29 | 0.83 | 0.76 | 1.76 | 2.82 | 1.48  |
| 100  | 13.5 | 9.3  | 1.3  | 1.4  | 5.7  | 8.8  | 8.6  | 6.3  | 3.2  | 2.4  | 8.6  | 13.3 | 9.2   |
|      | 2.60 | 1.48 | 0.64 | 0.65 | 1.04 | 1.31 | 1.43 | 1.27 | 0.81 | 0.75 | 1.71 | 2.76 | 1.47  |
| 200  | 14.6 | 10.0 | 1.4  | 1.5  | 6.1  | 9.4  | 9.3  | 6.8  | 3.3  | 2.5  | 9.4  | 14.4 | 9.9   |
|      | 2.52 | 1.44 | 0.62 | 0.63 | 1.02 | 1.29 | 1.39 | 1.22 | 0.80 | 0.73 | 1.64 | 2.67 | 1.44  |
| Frec | 18.2 | 7.7  | 4.2  | 4.3  | 5.7  | 7.1  | 7.8  | 6.0  | 4.8  | 4.7  | 8.5  | 21.0 | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 7.7  | 2.8  | 0.5  | 0.8  | 4.0  | 5.1  | 4.8  | 2.5  | 1.5  | 1.2  | 5.1  | 7.8  | 5.1   |
|      | 2.12 | 0.85 | 0.58 | 0.61 | 1.07 | 1.19 | 1.31 | 0.93 | 0.68 | 0.69 | 1.56 | 2.50 | 1.31  |
| 25   | 9.0  | 3.3  | 0.7  | 1.0  | 4.7  | 6.1  | 5.7  | 3.1  | 1.7  | 1.5  | 6.1  | 9.1  | 6.0   |
|      | 2.20 | 0.87 | 0.62 | 0.63 | 1.10 | 1.22 | 1.37 | 0.98 | 0.69 | 0.72 | 1.66 | 2.62 | 1.35  |
| 50   | 10.1 | 3.8  | 0.9  | 1.3  | 5.4  | 6.8  | 6.5  | 3.6  | 2.0  | 1.9  | 7.1  | 10.3 | 6.9   |
|      | 2.32 | 0.90 | 0.67 | 0.67 | 1.16 | 1.26 | 1.46 | 1.06 | 0.72 | 0.77 | 1.83 | 2.80 | 1.41  |
| 100  | 11.5 | 4.4  | 1.1  | 1.5  | 6.2  | 7.8  | 7.6  | 4.3  | 2.4  | 2.3  | 8.3  | 11.8 | 7.9   |
|      | 2.49 | 0.96 | 0.70 | 0.71 | 1.24 | 1.35 | 1.56 | 1.13 | 0.76 | 0.82 | 1.96 | 3.01 | 1.49  |
| 200  | 13.4 | 4.9  | 1.3  | 1.8  | 7.1  | 8.8  | 8.9  | 5.2  | 2.7  | 2.7  | 10.1 | 13.9 | 9.3   |
|      | 2.42 | 0.94 | 0.68 | 0.69 | 1.21 | 1.31 | 1.51 | 1.09 | 0.74 | 0.80 | 1.88 | 2.91 | 1.46  |
| Frec | 15.1 | 5.6  | 4.1  | 4.4  | 6.0  | 7.4  | 7.8  | 5.3  | 4.8  | 4.7  | 9.9  | 24.7 | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 6.6  | 1.3  | 0.6  | 0.6  | 3.7  | 4.5  | 4.1  | 1.9  | 1.2  | 1.0  | 4.6  | 6.8  | 4.4   |
|      | 2.06 | 0.65 | 0.69 | 0.56 | 1.12 | 1.19 | 1.32 | 0.87 | 0.67 | 0.69 | 1.60 | 2.53 | 1.30  |
| 25   | 8.0  | 1.5  | 0.8  | 0.7  | 4.5  | 5.5  | 5.1  | 2.4  | 1.5  | 1.3  | 5.6  | 8.3  | 5.4   |
|      | 2.12 | 0.66 | 0.73 | 0.57 | 1.15 | 1.22 | 1.38 | 0.92 | 0.68 | 0.72 | 1.69 | 2.63 | 1.34  |
| 50   | 9.2  | 1.8  | 1.0  | 0.9  | 5.2  | 6.3  | 5.9  | 2.9  | 1.8  | 1.6  | 6.6  | 9.5  | 6.2   |
|      | 2.22 | 0.68 | 0.79 | 0.59 | 1.21 | 1.26 | 1.46 | 0.99 | 0.70 | 0.76 | 1.83 | 2.80 | 1.39  |
| 100  | 10.6 | 2.1  | 1.3  | 1.1  | 6.1  | 7.2  | 6.9  | 3.5  | 2.1  | 2.0  | 7.8  | 11.0 | 7.3   |
|      | 2.42 | 0.70 | 0.85 | 0.63 | 1.30 | 1.33 | 1.60 | 1.07 | 0.74 | 0.83 | 2.01 | 3.06 | 1.47  |
| 200  | 12.3 | 2.4  | 1.5  | 1.2  | 7.1  | 8.3  | 8.2  | 4.2  | 2.4  | 2.4  | 9.4  | 12.9 | 8.5   |
|      | 2.35 | 0.70 | 0.82 | 0.62 | 1.27 | 1.33 | 1.55 | 1.04 | 0.73 | 0.80 | 1.94 | 2.97 | 1.45  |
| Frec | 14.0 | 4.9  | 4.1  | 4.5  | 6.1  | 7.6  | 7.9  | 5.1  | 4.8  | 4.7  | 10.4 | 26.0 | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 5.1  | 0.4  | 0.7  | 0.6  | 3.0  | 3.5  | 3.2  | 1.3  | 0.9  | 1.3  | 3.9  | 5.4  | 3.5   |
|      | 1.99 | 0.52 | 0.84 | 0.60 | 1.15 | 1.21 | 1.30 | 0.82 | 0.66 | 0.81 | 1.73 | 2.55 | 1.31  |
| 25   | 6.7  | 0.6  | 0.9  | 0.8  | 4.0  | 4.6  | 4.1  | 1.8  | 1.2  | 1.7  | 5.2  | 7.0  | 4.5   |
|      | 2.05 | 0.52 | 0.88 | 0.61 | 1.18 | 1.23 | 1.35 | 0.86 | 0.67 | 0.85 | 1.81 | 2.63 | 1.34  |
| 50   | 7.9  | 0.7  | 1.2  | 1.0  | 4.7  | 5.5  | 5.0  | 2.2  | 1.5  | 2.1  | 6.2  | 8.3  | 5.4   |
|      | 2.12 | 0.52 | 0.94 | 0.63 | 1.23 | 1.26 | 1.42 | 0.91 | 0.69 | 0.90 | 1.92 | 2.76 | 1.38  |
| 100  | 9.2  | 0.8  | 1.5  | 1.3  | 5.6  | 6.4  | 6.0  | 2.8  | 1.8  | 2.7  | 7.4  | 9.7  | 6.4   |
|      | 2.27 | 0.54 | 1.06 | 0.66 | 1.30 | 1.33 | 1.56 | 1.01 | 0.72 | 1.00 | 2.14 | 3.00 | 1.46  |
| 200  | 10.8 | 0.9  | 1.8  | 1.5  | 6.6  | 7.5  | 7.1  | 3.3  | 2.1  | 3.2  | 8.9  | 11.5 | 7.6   |
|      | 2.30 | 0.55 | 1.02 | 0.67 | 1.32 | 1.35 | 1.55 | 0.98 | 0.73 | 0.98 | 2.10 | 3.00 | 1.46  |
| Frec | 12.9 | 4.5  | 4.0  | 4.6  | 6.3  | 7.6  | 7.7  | 4.9  | 4.8  | 5.2  | 11.9 | 25.5 | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 6.6     | 519  | 4.7     | 213  | 4.1     | 140 | 3.2     | 67  |
| 25  | 7.2     | 662  | 5.5     | 331  | 4.9     | 241 | 4.2     | 143 |
| 50  | 7.7     | 783  | 6.3     | 447  | 5.7     | 345 | 4.9     | 228 |
| 100 | 8.3     | 979  | 7.2     | 619  | 6.6     | 489 | 5.8     | 344 |
| 200 | 9.0     | 1277 | 8.4     | 1032 | 7.7     | 808 | 6.9     | 562 |



Salamanca

40° 56' 50" N    05° 29' 40" W                    UTM 30   E 290027 m   N 4535974 m                    790 m s.n.m.

Situada en el altiplano, a unos 15 km al E de la ciudad de Salamanca. El anemómetro está cerca de las pistas del aeropuerto en donde la superficie de las pistas está cubierta de hierba. Los edificios más cercanos se encuentran en el sector SE, a distancias superiores a 300 m.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 1600 | 0.10 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.01 | 2000 | 0.10 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 1500 | 0.10 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 1250 | 0.10 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 300  | 0.30 | 1250 | 0.15 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.01 | 500  | 0.30 | 1000 | 0.15 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.01 | 750  | 0.30 | 1500 | 0.15 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.01 | 1500 | 0.10 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.01 | 750  | 0.30 | 3500 | 0.20 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.01 | 1500 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.01 | 1100 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.01 | 1000 | 0.30 | 3000 | 0.10 |    |     |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 10.3 m s.n.s. Período: 72060609–82123118

| Sect  | Frec  | <1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 5.5   | 508 | 78  | 137 | 98  | 65  | 40  | 27 | 12 | 15 | 14  | 4  | 1  | 0  | 1   | 2.3 | 1.01 |
| 30    | 8.3   | 344 | 77  | 148 | 131 | 102 | 63  | 49 | 31 | 25 | 22  | 5  | 1  | 0  | 1   | 3.4 | 1.33 |
| 60    | 12.9  | 232 | 76  | 147 | 181 | 117 | 87  | 68 | 42 | 21 | 23  | 4  | 1  | 0  | 1   | 4.1 | 1.57 |
| 90    | 8.4   | 382 | 101 | 190 | 128 | 82  | 50  | 33 | 16 | 7  | 9   | 0  | 2  | 0  | 1   | 2.8 | 1.30 |
| 120   | 4.4   | 643 | 98  | 115 | 50  | 31  | 18  | 16 | 12 | 9  | 7   | 1  | 0  | 0  | 0   | 1.2 | 0.79 |
| 150   | 3.6   | 723 | 74  | 88  | 54  | 28  | 16  | 5  | 8  | 2  | 2   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.8 | 0.71 |
| 180   | 5.8   | 503 | 78  | 127 | 82  | 73  | 34  | 36 | 27 | 13 | 21  | 3  | 2  | 0  | 1   | 2.4 | 1.00 |
| 210   | 9.9   | 275 | 42  | 71  | 71  | 88  | 78  | 87 | 63 | 54 | 101 | 42 | 13 | 8  | 6   | 5.7 | 1.55 |
| 240   | 12.1  | 241 | 36  | 88  | 103 | 93  | 88  | 88 | 74 | 58 | 91  | 26 | 11 | 2  | 2   | 5.6 | 1.62 |
| 270   | 14.7  | 200 | 44  | 93  | 106 | 109 | 103 | 98 | 81 | 58 | 75  | 21 | 9  | 3  | 0   | 5.6 | 1.76 |
| 300   | 9.4   | 305 | 43  | 86  | 117 | 116 | 91  | 78 | 59 | 43 | 45  | 15 | 0  | 1  | 0   | 4.6 | 1.57 |
| 330   | 5.1   | 534 | 55  | 129 | 105 | 53  | 40  | 27 | 15 | 5  | 27  | 3  | 3  | 2  | 2   | 2.3 | 0.94 |
| Total | 100.0 | 343 | 62  | 116 | 111 | 90  | 70  | 62 | 46 | 33 | 46  | 13 | 5  | 2  | 1   | 3.9 | 1.27 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| 3   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| 6   | 2.8 | 2.9 | 2.4 | 2.2 | 1.7 | 1.6 | 1.0 | 0.7 | 1.0 | 1.9 | 1.6 | 2.8 | 1.9 |
| 9   | 2.8 | 3.5 | 3.6 | 3.9 | 4.2 | 3.1 | 2.7 | 2.3 | 2.1 | 2.8 | 1.9 | 3.1 | 3.0 |
| 12  | 4.4 | 5.2 | 5.3 | 4.8 | 5.1 | 4.4 | 3.9 | 3.8 | 3.9 | 4.4 | 3.6 | 4.8 | 4.4 |
| 15  | 4.7 | 6.0 | 6.0 | 5.3 | 5.9 | 5.1 | 4.8 | 4.3 | 4.2 | 4.9 | 4.1 | 5.3 | 5.0 |
| 18  | 3.4 | 4.3 | 5.2 | 5.2 | 5.4 | 5.3 | 4.8 | 4.3 | 3.4 | 3.2 | 2.6 | 3.4 | 4.2 |
| 21  | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   | –   |
| Día | 3.7 | 4.4 | 4.5 | 4.3 | 4.5 | 3.9 | 3.4 | 3.1 | 2.9 | 3.5 | 2.8 | 3.9 | 3.7 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.4  | 4.6  | 5.6  | 4.8  | 3.2  | 1.7  | 3.2  | 7.1  | 8.3  | 8.3  | 7.4  | 5.1  | 5.9   |
|      | 1.15 | 1.40 | 1.77 | 1.58 | 1.17 | 0.88 | 1.08 | 1.44 | 1.73 | 1.95 | 1.91 | 1.38 | 1.40  |
| 25   | 3.8  | 5.0  | 6.2  | 5.3  | 3.5  | 1.9  | 3.5  | 7.8  | 9.1  | 9.1  | 8.1  | 5.6  | 6.4   |
|      | 1.18 | 1.45 | 1.83 | 1.62 | 1.21 | 0.90 | 1.11 | 1.46 | 1.76 | 1.99 | 1.97 | 1.42 | 1.43  |
| 50   | 4.1  | 5.4  | 6.6  | 5.7  | 3.8  | 2.1  | 3.8  | 8.3  | 9.7  | 9.7  | 8.7  | 6.0  | 6.9   |
|      | 1.21 | 1.48 | 1.88 | 1.67 | 1.24 | 0.92 | 1.13 | 1.49 | 1.80 | 2.05 | 2.02 | 1.46 | 1.46  |
| 100  | 4.4  | 5.8  | 7.2  | 6.2  | 4.1  | 2.3  | 4.1  | 8.9  | 10.4 | 10.4 | 9.4  | 6.5  | 7.4   |
|      | 1.17 | 1.44 | 1.82 | 1.62 | 1.20 | 0.90 | 1.10 | 1.48 | 1.77 | 2.01 | 1.96 | 1.41 | 1.44  |
| 200  | 4.8  | 6.4  | 7.9  | 6.8  | 4.5  | 2.4  | 4.5  | 9.6  | 11.2 | 11.4 | 10.4 | 7.1  | 8.1   |
|      | 1.12 | 1.37 | 1.72 | 1.53 | 1.14 | 0.86 | 1.04 | 1.43 | 1.72 | 1.92 | 1.87 | 1.34 | 1.40  |
| Frec | 5.3  | 7.3  | 11.3 | 9.9  | 5.8  | 3.9  | 5.0  | 8.6  | 11.3 | 13.8 | 11.1 | 6.6  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.3  | 3.3  | 4.0  | 2.9  | 1.7  | 1.0  | 2.3  | 5.6  | 5.9  | 5.8  | 4.9  | 2.7  | 4.0   |
|      | 1.00 | 1.24 | 1.55 | 1.23 | 0.87 | 0.75 | 0.97 | 1.41 | 1.56 | 1.73 | 1.57 | 1.00 | 1.24  |
| 25   | 2.8  | 4.0  | 4.8  | 3.6  | 2.1  | 1.3  | 2.9  | 6.6  | 7.0  | 6.9  | 5.9  | 3.3  | 4.8   |
|      | 1.07 | 1.33 | 1.67 | 1.33 | 0.94 | 0.80 | 1.04 | 1.46 | 1.63 | 1.83 | 1.69 | 1.07 | 1.31  |
| 50   | 3.3  | 4.7  | 5.6  | 4.2  | 2.5  | 1.6  | 3.5  | 7.4  | 7.9  | 7.9  | 6.8  | 3.9  | 5.6   |
|      | 1.19 | 1.49 | 1.88 | 1.49 | 1.04 | 0.88 | 1.15 | 1.54 | 1.74 | 2.00 | 1.90 | 1.20 | 1.41  |
| 100  | 4.0  | 5.6  | 6.6  | 5.0  | 3.1  | 1.9  | 4.2  | 8.5  | 9.1  | 9.2  | 8.1  | 4.7  | 6.6   |
|      | 1.26 | 1.59 | 2.00 | 1.58 | 1.10 | 0.94 | 1.23 | 1.66 | 1.86 | 2.14 | 2.02 | 1.27 | 1.51  |
| 200  | 4.9  | 6.9  | 8.2  | 6.2  | 3.8  | 2.3  | 5.2  | 9.9  | 10.7 | 11.1 | 10.1 | 5.8  | 8.0   |
|      | 1.21 | 1.52 | 1.91 | 1.51 | 1.05 | 0.90 | 1.17 | 1.61 | 1.80 | 2.06 | 1.93 | 1.22 | 1.48  |
| Frec | 5.5  | 8.0  | 12.4 | 8.8  | 4.8  | 3.7  | 5.6  | 9.6  | 11.8 | 14.5 | 9.9  | 5.5  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.0  | 2.9  | 3.5  | 2.5  | 1.2  | 0.8  | 2.1  | 5.0  | 5.1  | 5.0  | 4.2  | 2.1  | 3.5   |
|      | 0.99 | 1.27 | 1.56 | 1.21 | 0.79 | 0.72 | 0.99 | 1.46 | 1.58 | 1.75 | 1.56 | 0.95 | 1.25  |
| 25   | 2.5  | 3.7  | 4.3  | 3.1  | 1.6  | 1.0  | 2.7  | 6.1  | 6.3  | 6.2  | 5.2  | 2.6  | 4.3   |
|      | 1.06 | 1.35 | 1.66 | 1.28 | 0.84 | 0.76 | 1.06 | 1.50 | 1.64 | 1.85 | 1.67 | 1.01 | 1.30  |
| 50   | 3.0  | 4.3  | 5.1  | 3.7  | 1.9  | 1.2  | 3.3  | 7.0  | 7.3  | 7.2  | 6.1  | 3.2  | 5.1   |
|      | 1.16 | 1.49 | 1.84 | 1.42 | 0.92 | 0.82 | 1.16 | 1.58 | 1.73 | 2.00 | 1.84 | 1.10 | 1.39  |
| 100  | 3.6  | 5.2  | 6.1  | 4.4  | 2.4  | 1.5  | 4.0  | 8.1  | 8.4  | 8.4  | 7.3  | 3.9  | 6.1   |
|      | 1.27 | 1.64 | 2.02 | 1.55 | 0.99 | 0.89 | 1.27 | 1.72 | 1.90 | 2.20 | 2.03 | 1.21 | 1.51  |
| 200  | 4.4  | 6.4  | 7.5  | 5.4  | 2.9  | 1.9  | 4.9  | 9.4  | 9.9  | 10.2 | 9.0  | 4.8  | 7.3   |
|      | 1.22 | 1.57 | 1.93 | 1.49 | 0.96 | 0.86 | 1.22 | 1.67 | 1.84 | 2.12 | 1.94 | 1.16 | 1.48  |
| Frec | 5.5  | 8.3  | 12.9 | 8.4  | 4.4  | 3.6  | 5.8  | 9.9  | 12.0 | 14.7 | 9.4  | 5.2  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 1.6  | 2.4  | 2.7  | 1.8  | 0.9  | 0.8  | 2.0  | 4.0  | 4.0  | 3.9  | 3.2  | 1.5  | 2.8   |
|      | 1.02 | 1.33 | 1.56 | 1.14 | 0.79 | 0.76 | 1.01 | 1.48 | 1.60 | 1.75 | 1.51 | 0.92 | 1.25  |
| 25   | 2.2  | 3.2  | 3.6  | 2.4  | 1.3  | 1.1  | 2.7  | 5.2  | 5.3  | 5.1  | 4.2  | 2.1  | 3.6   |
|      | 1.08 | 1.40 | 1.65 | 1.20 | 0.83 | 0.80 | 1.06 | 1.52 | 1.65 | 1.83 | 1.59 | 0.97 | 1.30  |
| 50   | 2.7  | 3.9  | 4.3  | 3.0  | 1.6  | 1.4  | 3.3  | 6.1  | 6.3  | 6.2  | 5.1  | 2.6  | 4.4   |
|      | 1.17 | 1.52 | 1.79 | 1.30 | 0.88 | 0.86 | 1.13 | 1.59 | 1.74 | 1.96 | 1.73 | 1.04 | 1.37  |
| 100  | 3.4  | 4.7  | 5.3  | 3.7  | 2.0  | 1.7  | 4.0  | 7.3  | 7.4  | 7.4  | 6.2  | 3.3  | 5.3   |
|      | 1.32 | 1.73 | 2.04 | 1.47 | 0.99 | 0.96 | 1.27 | 1.71 | 1.89 | 2.20 | 1.97 | 1.18 | 1.50  |
| 200  | 4.1  | 5.8  | 6.4  | 4.5  | 2.5  | 2.1  | 4.9  | 8.5  | 8.8  | 8.9  | 7.5  | 3.9  | 6.4   |
|      | 1.27 | 1.67 | 1.96 | 1.42 | 0.96 | 0.93 | 1.24 | 1.72 | 1.89 | 2.14 | 1.90 | 1.14 | 1.49  |
| Frec | 5.8  | 8.9  | 12.4 | 7.8  | 4.3  | 3.9  | 6.3  | 10.1 | 12.4 | 14.1 | 8.9  | 5.2  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |     | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 5.3     | 279 | 3.7     | 120 | 3.3     | 78  | 2.6     | 37  |
| 25  | 5.8     | 353 | 4.5     | 183 | 4.0     | 134 | 3.4     | 79  |
| 50  | 6.2     | 420 | 5.1     | 243 | 4.7     | 189 | 4.0     | 125 |
| 100 | 6.7     | 539 | 6.0     | 353 | 5.5     | 273 | 4.8     | 186 |
| 200 | 7.4     | 744 | 7.3     | 652 | 6.6     | 496 | 5.8     | 329 |

Santiago de Compostela

42° 56' 00" N    08° 26' 00" W            UTM 29   E 546240 m   N 4753653 m            364 m s.n.m.

La estación está situada cerca de las pistas del aeropuerto de Santiago de Compostela. Hay algunos edificios en los sectores de S a W a distancias superiores a 150 m. Los alrededores del aeropuerto se caracterizan por varias casas y árboles equiespaciados.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 750  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 2    | -2   |
| 30   | 0.01 | 500  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -3   | -3   |
| 60   | 0.01 | 500  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -7   | -1   |
| 90   | 0.01 | 750  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -5   | 2    |
| 120  | 0.01 | 750  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 1    | 3    |
| 150  | 0.01 | 2000 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 4    | 1    |
| 180  | 0.01 | 1500 | 0.05 | 2000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | 2    | -2   |
| 210  | 0.01 | 300  | 0.05 | 2500 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -3   | -3   |
| 240  | 0.01 | 350  | 0.15 | 1000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -7   | -1   |
| 270  | 0.01 | 250  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | -5   | 3    |
| 300  | 0.01 | 400  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 1    | 3    |
| 330  | 0.01 | 600  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 4    | 1    |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s. Período: 72060612–82123121

| Sect  | Frec  | <1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 9.7   | 214 | 66 | 136 | 119 | 167 | 146 | 80  | 43 | 14 | 14 | 0  | 0  | 1  | 0   | 4.4 | 2.02 |
| 30    | 13.9  | 154 | 50 | 96  | 117 | 181 | 156 | 115 | 73 | 27 | 30 | 1  | 0  | 0  | 0   | 5.2 | 2.40 |
| 60    | 9.7   | 202 | 54 | 114 | 131 | 151 | 128 | 94  | 65 | 27 | 32 | 0  | 0  | 0  | 0   | 4.8 | 2.02 |
| 90    | 6.9   | 291 | 81 | 179 | 157 | 134 | 78  | 37  | 31 | 5  | 7  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3.4 | 1.65 |
| 120   | 7.2   | 247 | 98 | 235 | 169 | 138 | 76  | 24  | 7  | 3  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3.2 | 1.83 |
| 150   | 5.8   | 343 | 73 | 147 | 130 | 123 | 86  | 46  | 30 | 7  | 12 | 2  | 1  | 0  | 0   | 3.4 | 1.47 |
| 180   | 6.3   | 284 | 61 | 128 | 111 | 134 | 103 | 59  | 55 | 23 | 37 | 3  | 1  | 1  | 0   | 4.2 | 1.56 |
| 210   | 9.3   | 225 | 29 | 99  | 102 | 126 | 125 | 111 | 97 | 26 | 48 | 7  | 1  | 2  | 2   | 5.3 | 1.89 |
| 240   | 12.4  | 151 | 36 | 83  | 105 | 140 | 146 | 123 | 90 | 40 | 69 | 8  | 5  | 2  | 0   | 5.8 | 2.14 |
| 270   | 8.4   | 241 | 63 | 141 | 118 | 138 | 123 | 88  | 39 | 17 | 32 | 1  | 0  | 0  | 0   | 4.3 | 1.77 |
| 300   | 5.6   | 338 | 70 | 184 | 113 | 125 | 71  | 46  | 36 | 9  | 8  | 0  | 0  | 0  | 0   | 3.2 | 1.45 |
| 330   | 4.7   | 410 | 89 | 149 | 99  | 97  | 82  | 36  | 21 | 8  | 8  | 1  | 0  | 1  | 0   | 2.8 | 1.27 |
| Total | 100.0 | 236 | 60 | 132 | 122 | 143 | 119 | 81  | 55 | 20 | 29 | 2  | 1  | 1  | 0   | 4.5 | 1.77 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 3.3 | 3.7 | 3.1 | 2.8 | 2.7 | 2.5 | 2.2 | 1.8 | 2.3 | 2.7 | 2.2 | 3.5 | 2.7 |
| 3   | 3.5 | 3.7 | 3.0 | 2.9 | 2.4 | 2.6 | 2.1 | 1.5 | 2.0 | 2.8 | 2.5 | 3.6 | 2.7 |
| 6   | 3.5 | 3.7 | 3.0 | 2.8 | 2.4 | 2.5 | 2.0 | 1.9 | 2.1 | 2.8 | 2.6 | 3.7 | 2.7 |
| 9   | 3.4 | 3.8 | 3.8 | 4.2 | 3.8 | 3.8 | 3.4 | 2.9 | 3.1 | 3.4 | 2.8 | 3.7 | 3.5 |
| 12  | 4.2 | 4.7 | 5.3 | 5.0 | 4.6 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 3.7 | 4.4 | 4.0 | 4.5 | 4.4 |
| 15  | 4.5 | 5.3 | 5.4 | 5.7 | 5.3 | 5.4 | 4.9 | 4.8 | 4.6 | 4.5 | 4.0 | 4.7 | 4.9 |
| 18  | 3.4 | 4.3 | 4.9 | 5.4 | 5.1 | 5.0 | 5.0 | 4.6 | 3.8 | 3.3 | 2.6 | 3.8 | 4.3 |
| 21  | 3.2 | 3.5 | 2.9 | 3.4 | 3.0 | 3.3 | 2.7 | 2.1 | 2.2 | 2.6 | 2.4 | 3.8 | 2.9 |
| Día | 3.6 | 4.1 | 4.0 | 4.1 | 3.7 | 3.8 | 3.4 | 3.1 | 3.1 | 3.4 | 2.9 | 3.9 | 3.6 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 6.7  | 8.6  | 8.9  | 7.3  | 5.6  | 5.3  | 6.1  | 8.3  | 10.0 | 9.3  | 6.8  | 5.2  | 7.8   |
|      | 2.17 | 2.69 | 2.58 | 2.08 | 2.07 | 1.94 | 1.80 | 2.02 | 2.27 | 2.20 | 1.84 | 1.62 | 1.98  |
| 25   | 7.3  | 9.4  | 9.7  | 8.0  | 6.2  | 5.8  | 6.7  | 9.1  | 10.9 | 10.1 | 7.5  | 5.7  | 8.5   |
|      | 2.23 | 2.78 | 2.66 | 2.15 | 2.14 | 2.01 | 1.86 | 2.07 | 2.31 | 2.24 | 1.90 | 1.67 | 2.03  |
| 50   | 7.9  | 10.1 | 10.4 | 8.6  | 6.6  | 6.3  | 7.2  | 9.7  | 11.7 | 10.8 | 8.0  | 6.1  | 9.1   |
|      | 2.29 | 2.85 | 2.73 | 2.21 | 2.19 | 2.06 | 1.91 | 2.13 | 2.37 | 2.30 | 1.95 | 1.72 | 2.08  |
| 100  | 8.6  | 11.0 | 11.3 | 9.3  | 7.2  | 6.8  | 7.8  | 10.5 | 12.5 | 11.6 | 8.7  | 6.6  | 9.9   |
|      | 2.22 | 2.76 | 2.65 | 2.14 | 2.12 | 1.99 | 1.85 | 2.08 | 2.33 | 2.26 | 1.89 | 1.66 | 2.04  |
| 200  | 9.5  | 12.2 | 12.5 | 10.3 | 7.9  | 7.5  | 8.6  | 11.4 | 13.5 | 12.6 | 9.6  | 7.3  | 10.8  |
|      | 2.10 | 2.61 | 2.52 | 2.03 | 2.01 | 1.89 | 1.75 | 1.99 | 2.26 | 2.17 | 1.79 | 1.58 | 1.97  |
| Frec | 7.1  | 11.9 | 12.0 | 8.7  | 7.1  | 6.0  | 5.7  | 7.9  | 11.7 | 10.4 | 6.7  | 4.7  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.9  | 6.3  | 6.2  | 4.6  | 3.8  | 3.7  | 4.4  | 6.1  | 7.3  | 6.1  | 4.3  | 3.3  | 5.4   |
|      | 1.95 | 2.36 | 2.11 | 1.68 | 1.79 | 1.54 | 1.55 | 1.83 | 2.08 | 1.83 | 1.50 | 1.31 | 1.73  |
| 25   | 5.9  | 7.5  | 7.4  | 5.5  | 4.6  | 4.4  | 5.3  | 7.2  | 8.6  | 7.2  | 5.2  | 4.1  | 6.5   |
|      | 2.10 | 2.55 | 2.26 | 1.81 | 1.94 | 1.67 | 1.68 | 1.93 | 2.17 | 1.94 | 1.62 | 1.41 | 1.83  |
| 50   | 6.8  | 8.6  | 8.5  | 6.3  | 5.3  | 5.1  | 6.2  | 8.3  | 9.7  | 8.2  | 6.0  | 4.8  | 7.5   |
|      | 2.37 | 2.87 | 2.51 | 2.04 | 2.18 | 1.87 | 1.88 | 2.10 | 2.30 | 2.11 | 1.81 | 1.58 | 2.00  |
| 100  | 8.0  | 10.2 | 10.0 | 7.6  | 6.3  | 6.1  | 7.4  | 9.6  | 11.1 | 9.6  | 7.2  | 5.7  | 8.8   |
|      | 2.52 | 3.05 | 2.69 | 2.17 | 2.32 | 1.99 | 2.00 | 2.25 | 2.47 | 2.27 | 1.93 | 1.69 | 2.14  |
| 200  | 10.0 | 12.7 | 12.3 | 9.4  | 7.9  | 7.6  | 9.2  | 11.5 | 13.0 | 11.5 | 8.9  | 7.1  | 10.7  |
|      | 2.40 | 2.91 | 2.57 | 2.07 | 2.21 | 1.90 | 1.91 | 2.17 | 2.40 | 2.18 | 1.84 | 1.61 | 2.10  |
| Frec | 8.2  | 13.1 | 11.2 | 7.9  | 7.0  | 5.6  | 5.8  | 8.7  | 12.6 | 9.3  | 6.0  | 4.5  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.3  | 5.5  | 5.3  | 3.8  | 3.3  | 3.2  | 3.9  | 5.4  | 6.4  | 5.1  | 3.5  | 2.9  | 4.7   |
|      | 1.99 | 2.33 | 2.06 | 1.67 | 1.81 | 1.52 | 1.56 | 1.85 | 2.11 | 1.78 | 1.46 | 1.30 | 1.72  |
| 25   | 5.3  | 6.8  | 6.6  | 4.7  | 4.1  | 3.9  | 4.9  | 6.6  | 7.8  | 6.2  | 4.4  | 3.6  | 5.8   |
|      | 2.13 | 2.49 | 2.19 | 1.78 | 1.93 | 1.63 | 1.67 | 1.94 | 2.19 | 1.88 | 1.55 | 1.39 | 1.81  |
| 50   | 6.3  | 7.9  | 7.7  | 5.5  | 4.8  | 4.7  | 5.8  | 7.6  | 9.0  | 7.3  | 5.2  | 4.3  | 6.8   |
|      | 2.36 | 2.76 | 2.39 | 1.97 | 2.14 | 1.80 | 1.84 | 2.08 | 2.30 | 2.04 | 1.72 | 1.53 | 1.95  |
| 100  | 7.4  | 9.4  | 9.0  | 6.6  | 5.7  | 5.6  | 6.9  | 8.9  | 10.4 | 8.5  | 6.2  | 5.1  | 8.0   |
|      | 2.59 | 3.03 | 2.63 | 2.17 | 2.35 | 1.98 | 2.02 | 2.28 | 2.52 | 2.24 | 1.88 | 1.68 | 2.13  |
| 200  | 9.2  | 11.6 | 11.0 | 8.2  | 7.1  | 6.8  | 8.5  | 10.7 | 12.1 | 10.3 | 7.7  | 6.3  | 9.7   |
|      | 2.48 | 2.90 | 2.53 | 2.07 | 2.25 | 1.89 | 1.94 | 2.20 | 2.44 | 2.15 | 1.80 | 1.61 | 2.09  |
| Frec | 8.7  | 13.5 | 11.0 | 7.6  | 7.0  | 5.5  | 5.9  | 9.0  | 12.9 | 9.0  | 5.7  | 4.4  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.5  | 4.3  | 4.1  | 2.9  | 2.6  | 2.5  | 3.2  | 4.3  | 5.1  | 3.8  | 2.7  | 2.4  | 3.7   |
|      | 2.05 | 2.32 | 2.00 | 1.71 | 1.83 | 1.51 | 1.60 | 1.88 | 2.12 | 1.74 | 1.49 | 1.35 | 1.73  |
| 25   | 4.6  | 5.7  | 5.4  | 3.8  | 3.4  | 3.3  | 4.3  | 5.6  | 6.6  | 5.0  | 3.6  | 3.1  | 4.9   |
|      | 2.17 | 2.46 | 2.10 | 1.81 | 1.94 | 1.59 | 1.70 | 1.95 | 2.18 | 1.82 | 1.58 | 1.42 | 1.81  |
| 50   | 5.6  | 6.8  | 6.5  | 4.6  | 4.2  | 4.1  | 5.2  | 6.7  | 7.8  | 6.0  | 4.3  | 3.8  | 5.9   |
|      | 2.36 | 2.67 | 2.26 | 1.96 | 2.11 | 1.73 | 1.84 | 2.07 | 2.28 | 1.96 | 1.72 | 1.54 | 1.92  |
| 100  | 6.7  | 8.2  | 7.8  | 5.5  | 5.0  | 4.9  | 6.3  | 8.0  | 9.2  | 7.2  | 5.3  | 4.7  | 7.0   |
|      | 2.69 | 3.05 | 2.57 | 2.24 | 2.40 | 1.97 | 2.10 | 2.28 | 2.46 | 2.20 | 1.96 | 1.75 | 2.13  |
| 200  | 8.2  | 10.0 | 9.4  | 6.8  | 6.1  | 6.0  | 7.6  | 9.5  | 10.8 | 8.7  | 6.4  | 5.7  | 8.5   |
|      | 2.59 | 2.94 | 2.48 | 2.15 | 2.31 | 1.90 | 2.02 | 2.26 | 2.47 | 2.14 | 1.88 | 1.69 | 2.11  |
| Frec | 9.1  | 13.7 | 10.7 | 7.4  | 6.9  | 5.3  | 6.0  | 9.4  | 13.0 | 8.6  | 5.3  | 4.6  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 6.9     | 387  | 4.8     | 155 | 4.2     | 102 | 3.3     | 49  |
| 25  | 7.5     | 496  | 5.8     | 244 | 5.2     | 178 | 4.3     | 105 |
| 50  | 8.1     | 595  | 6.6     | 338 | 6.0     | 260 | 5.2     | 171 |
| 100 | 8.7     | 764  | 7.8     | 512 | 7.1     | 393 | 6.2     | 267 |
| 200 | 9.6     | 1048 | 9.5     | 951 | 8.6     | 717 | 7.5     | 474 |

Sevilla

37° 25' 00" N    05° 54' 00" W    UTM 30   E 243343 m   N 4145112 m    27 m s.n.m.

Situada en el Valle del Guadalquivir, al E de la ciudad de Sevilla. El anemómetro está colocado en el aeropuerto y la superficie consiste en pistas y hierba. Los edificios más cercanos aparecen en el sector E a distancias superiores a 300 m.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3   | z04  | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.03 | 900  | 0.30 | 3500 | 0.15 |      |      |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.03 | 700  | 0.10 | 1500 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.03 | 700  | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.03 | 1000 | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.03 | 1250 | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.03 | 1000 | 0.10 | 2000 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.03 | 1000 | 0.10 | 2000 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.03 | 1500 | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.03 | 1500 | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.03 | 2500 | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.03 | 2250 | 0.20 |      |      |      |      |    |     |    |     | -1   |      |
| 330  | 0.03 | 500  | 0.30 | 1500 | 0.10 | 3500 | 0.30 |    |     |    |     | -2   |      |

Altura del anemómetro: 5.5 m s.n.s. Período: 72060903–82123121

| Sect  | Frec  | < 1 | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 5.1   | 587 | 59  | 148 | 100 | 42  | 32  | 14 | 8  | 2  | 4  | 0  | 0  | 3  | 0   | 1.7 | 0.94 |
| 30    | 10.3  | 305 | 92  | 245 | 183 | 103 | 44  | 13 | 8  | 4  | 2  | 0  | 0  | 1  | 0   | 3.0 | 1.70 |
| 60    | 12.4  | 237 | 61  | 148 | 167 | 131 | 96  | 84 | 42 | 18 | 15 | 3  | 0  | 0  | 0   | 4.1 | 1.76 |
| 90    | 6.4   | 457 | 45  | 96  | 96  | 83  | 64  | 65 | 50 | 18 | 23 | 2  | 0  | 0  | 1   | 3.2 | 1.19 |
| 120   | 3.8   | 742 | 48  | 77  | 43  | 38  | 19  | 17 | 9  | 3  | 3  | 0  | 0  | 1  | 0   | 0.8 | 0.66 |
| 150   | 4.2   | 721 | 57  | 102 | 49  | 29  | 8   | 13 | 7  | 6  | 4  | 3  | 0  | 1  | 0   | 0.9 | 0.67 |
| 180   | 8.2   | 385 | 105 | 220 | 120 | 58  | 34  | 37 | 16 | 8  | 11 | 3  | 1  | 1  | 0   | 2.7 | 1.22 |
| 210   | 14.2  | 222 | 60  | 164 | 164 | 119 | 79  | 61 | 54 | 22 | 42 | 9  | 2  | 2  | 1   | 4.2 | 1.44 |
| 240   | 15.5  | 190 | 46  | 139 | 148 | 153 | 106 | 89 | 64 | 30 | 30 | 4  | 0  | 0  | 0   | 4.7 | 1.89 |
| 270   | 8.8   | 324 | 52  | 143 | 149 | 114 | 84  | 62 | 36 | 18 | 15 | 2  | 0  | 0  | 0   | 3.7 | 1.55 |
| 300   | 6.0   | 486 | 58  | 131 | 121 | 74  | 48  | 33 | 22 | 13 | 10 | 3  | 1  | 0  | 0   | 2.6 | 1.14 |
| 330   | 5.0   | 586 | 69  | 145 | 78  | 43  | 23  | 22 | 18 | 8  | 6  | 0  | 1  | 0  | 0   | 1.7 | 0.94 |
| Total | 100.0 | 358 | 63  | 155 | 135 | 99  | 65  | 52 | 35 | 15 | 18 | 3  | 0  | 1  | 0   | 3.3 | 1.34 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 1.6 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | 2.3 | 2.5 | 2.7 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.6 | 2.2 | 2.0 |
| 3   | 1.8 | 2.0 | 1.5 | 1.4 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.3 | 1.0 | 1.5 | 1.6 | 2.2 | 1.6 |
| 6   | 2.0 | 2.2 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.0 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.7 | 1.8 | 2.5 | 1.5 |
| 9   | 2.5 | 2.8 | 2.6 | 2.6 | 2.9 | 2.4 | 2.2 | 2.1 | 2.0 | 2.7 | 2.9 | 2.8 | 2.6 |
| 12  | 3.4 | 4.1 | 3.7 | 3.7 | 3.8 | 3.5 | 3.3 | 2.6 | 3.1 | 3.3 | 3.6 | 3.7 | 3.5 |
| 15  | 3.5 | 4.2 | 3.9 | 4.3 | 4.6 | 4.6 | 4.3 | 3.7 | 3.7 | 3.5 | 3.5 | 3.6 | 3.9 |
| 18  | 2.2 | 3.2 | 3.8 | 4.4 | 5.3 | 5.6 | 5.4 | 4.9 | 4.4 | 3.3 | 2.3 | 2.6 | 3.9 |
| 21  | 1.9 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 3.4 | 4.1 | 4.0 | 3.7 | 3.0 | 2.2 | 1.6 | 2.4 | 2.8 |
| Día | 2.4 | 2.8 | 2.7 | 2.8 | 3.1 | 3.2 | 3.0 | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.7 | 2.7 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 3.4  | 5.1  | 6.8  | 6.9  | 3.7  | 1.7  | 4.4  | 6.8  | 8.0  | 7.4  | 5.6  | 4.0  | 6.0   |
|      | 1.13 | 1.81 | 1.96 | 1.78 | 1.05 | 0.78 | 1.31 | 1.54 | 2.01 | 2.06 | 1.60 | 1.23 | 1.53  |
| 25   | 3.8  | 5.6  | 7.5  | 7.6  | 4.0  | 1.9  | 4.8  | 7.5  | 8.8  | 8.1  | 6.1  | 4.4  | 6.6   |
|      | 1.17 | 1.87 | 2.02 | 1.83 | 1.08 | 0.80 | 1.35 | 1.57 | 2.06 | 2.12 | 1.65 | 1.26 | 1.57  |
| 50   | 4.1  | 6.0  | 8.1  | 8.1  | 4.4  | 2.1  | 5.2  | 8.0  | 9.4  | 8.7  | 6.6  | 4.7  | 7.1   |
|      | 1.19 | 1.91 | 2.07 | 1.88 | 1.10 | 0.82 | 1.38 | 1.61 | 2.12 | 2.18 | 1.69 | 1.29 | 1.60  |
| 100  | 4.4  | 6.5  | 8.7  | 8.8  | 4.7  | 2.2  | 5.6  | 8.6  | 10.2 | 9.4  | 7.1  | 5.1  | 7.6   |
|      | 1.16 | 1.85 | 2.01 | 1.83 | 1.08 | 0.80 | 1.34 | 1.58 | 2.06 | 2.11 | 1.64 | 1.26 | 1.57  |
| 200  | 4.8  | 7.2  | 9.6  | 9.7  | 5.0  | 2.4  | 6.2  | 9.3  | 11.1 | 10.4 | 7.8  | 5.6  | 8.4   |
|      | 1.10 | 1.76 | 1.90 | 1.74 | 1.03 | 0.76 | 1.27 | 1.52 | 1.97 | 2.00 | 1.56 | 1.19 | 1.51  |
| Frec | 5.1  | 8.2  | 11.7 | 8.7  | 4.8  | 4.0  | 6.6  | 12.0 | 15.1 | 11.4 | 7.1  | 5.4  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.2  | 3.7  | 5.1  | 4.4  | 1.6  | 1.3  | 3.2  | 5.1  | 5.7  | 4.8  | 3.4  | 2.4  | 4.1   |
|      | 0.95 | 1.66 | 1.72 | 1.34 | 0.77 | 0.74 | 1.18 | 1.42 | 1.84 | 1.63 | 1.24 | 0.98 | 1.33  |
| 25   | 2.7  | 4.5  | 6.1  | 5.3  | 2.0  | 1.6  | 3.9  | 6.0  | 6.8  | 5.7  | 4.1  | 2.9  | 5.0   |
|      | 1.02 | 1.79 | 1.86 | 1.43 | 0.81 | 0.79 | 1.27 | 1.49 | 1.97 | 1.76 | 1.33 | 1.04 | 1.41  |
| 50   | 3.2  | 5.2  | 7.1  | 6.1  | 2.4  | 2.0  | 4.6  | 6.9  | 7.9  | 6.6  | 4.9  | 3.5  | 5.8   |
|      | 1.13 | 2.01 | 2.09 | 1.57 | 0.89 | 0.87 | 1.42 | 1.61 | 2.18 | 1.98 | 1.49 | 1.16 | 1.54  |
| 100  | 3.9  | 6.2  | 8.4  | 7.2  | 2.9  | 2.5  | 5.5  | 8.0  | 9.2  | 7.9  | 5.8  | 4.2  | 6.8   |
|      | 1.20 | 2.14 | 2.22 | 1.68 | 0.94 | 0.92 | 1.51 | 1.73 | 2.33 | 2.11 | 1.58 | 1.23 | 1.63  |
| 200  | 4.8  | 7.7  | 10.4 | 8.8  | 3.5  | 3.0  | 6.8  | 9.5  | 11.3 | 9.8  | 7.2  | 5.2  | 8.4   |
|      | 1.15 | 2.04 | 2.12 | 1.62 | 0.91 | 0.89 | 1.44 | 1.67 | 2.23 | 2.01 | 1.51 | 1.18 | 1.58  |
| Frec | 5.1  | 9.5  | 12.1 | 7.3  | 4.2  | 4.1  | 7.6  | 13.4 | 15.4 | 9.8  | 6.4  | 5.1  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 1.9  | 3.2  | 4.5  | 3.6  | 1.2  | 1.0  | 2.9  | 4.5  | 5.0  | 4.0  | 2.8  | 2.0  | 3.6   |
|      | 0.97 | 1.65 | 1.75 | 1.27 | 0.74 | 0.72 | 1.20 | 1.44 | 1.88 | 1.60 | 1.19 | 0.97 | 1.33  |
| 25   | 2.5  | 4.0  | 5.6  | 4.5  | 1.5  | 1.4  | 3.6  | 5.5  | 6.2  | 4.9  | 3.5  | 2.6  | 4.4   |
|      | 1.03 | 1.76 | 1.87 | 1.34 | 0.78 | 0.76 | 1.28 | 1.50 | 2.00 | 1.71 | 1.26 | 1.03 | 1.40  |
| 50   | 3.0  | 4.7  | 6.6  | 5.3  | 1.9  | 1.7  | 4.3  | 6.4  | 7.2  | 5.8  | 4.2  | 3.1  | 5.2   |
|      | 1.13 | 1.95 | 2.07 | 1.44 | 0.85 | 0.82 | 1.41 | 1.60 | 2.19 | 1.88 | 1.39 | 1.13 | 1.51  |
| 100  | 3.6  | 5.7  | 7.8  | 6.3  | 2.3  | 2.1  | 5.2  | 7.5  | 8.6  | 7.0  | 5.1  | 3.8  | 6.3   |
|      | 1.23 | 2.14 | 2.28 | 1.58 | 0.92 | 0.89 | 1.54 | 1.75 | 2.40 | 2.07 | 1.52 | 1.24 | 1.63  |
| 200  | 4.4  | 7.0  | 9.7  | 7.6  | 2.8  | 2.6  | 6.3  | 8.9  | 10.4 | 8.6  | 6.3  | 4.7  | 7.6   |
|      | 1.18 | 2.05 | 2.18 | 1.52 | 0.89 | 0.86 | 1.48 | 1.69 | 2.31 | 1.98 | 1.46 | 1.19 | 1.58  |
| Frec | 5.1  | 10.0 | 12.3 | 6.8  | 4.0  | 4.2  | 7.9  | 13.9 | 15.4 | 9.2  | 6.2  | 5.0  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 1.6  | 2.7  | 3.6  | 2.7  | 0.7  | 0.9  | 2.4  | 3.6  | 3.9  | 3.0  | 2.1  | 1.5  | 2.8   |
|      | 1.01 | 1.70 | 1.77 | 1.19 | 0.68 | 0.75 | 1.25 | 1.50 | 1.90 | 1.56 | 1.15 | 0.94 | 1.33  |
| 25   | 2.2  | 3.5  | 4.7  | 3.5  | 1.0  | 1.3  | 3.3  | 4.8  | 5.2  | 4.0  | 2.8  | 2.0  | 3.7   |
|      | 1.07 | 1.80 | 1.87 | 1.24 | 0.71 | 0.79 | 1.32 | 1.56 | 2.00 | 1.65 | 1.22 | 0.99 | 1.39  |
| 50   | 2.7  | 4.3  | 5.7  | 4.3  | 1.2  | 1.6  | 4.0  | 5.7  | 6.2  | 4.8  | 3.5  | 2.5  | 4.5   |
|      | 1.15 | 1.96 | 2.04 | 1.32 | 0.76 | 0.84 | 1.43 | 1.64 | 2.16 | 1.79 | 1.31 | 1.06 | 1.48  |
| 100  | 3.3  | 5.2  | 6.9  | 5.2  | 1.6  | 2.1  | 4.9  | 6.8  | 7.5  | 5.9  | 4.3  | 3.2  | 5.5   |
|      | 1.30 | 2.23 | 2.32 | 1.47 | 0.84 | 0.94 | 1.63 | 1.81 | 2.45 | 2.04 | 1.49 | 1.20 | 1.63  |
| 200  | 4.0  | 6.3  | 8.4  | 6.2  | 1.9  | 2.5  | 5.9  | 8.1  | 9.1  | 7.2  | 5.2  | 3.8  | 6.6   |
|      | 1.26 | 2.15 | 2.24 | 1.44 | 0.82 | 0.91 | 1.57 | 1.79 | 2.37 | 1.96 | 1.44 | 1.16 | 1.60  |
| Frec | 5.4  | 10.4 | 12.1 | 6.3  | 3.8  | 4.5  | 8.6  | 14.3 | 15.1 | 8.6  | 5.9  | 5.0  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |     | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 5.4     | 256 | 3.8     | 109 | 3.3     | 72  | 2.6     | 34  |
| 25  | 5.9     | 324 | 4.5     | 167 | 4.0     | 123 | 3.4     | 72  |
| 50  | 6.4     | 388 | 5.2     | 224 | 4.7     | 174 | 4.1     | 115 |
| 100 | 6.9     | 506 | 6.1     | 338 | 5.6     | 259 | 4.9     | 174 |
| 200 | 7.6     | 714 | 7.5     | 655 | 6.8     | 492 | 6.0     | 319 |

Tenerife (Los Rodeos)

28° 28' 10" N    16° 19' 04" W            UTM 28   E 370986 m   N 3149959 m            605 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de la Isla de Tenerife (Islas Canarias), a unos 35 km NE de la montaña del Pico de Teide (3715 m). El terreno desciende hacia el mar en todos los sectores, excepto el SW. Aparecen casas y árboles dispersos fuera del aeropuerto.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2    | z03  | x3    | z04  | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|-------|------|-------|------|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.03 | 100  | 0.30 | 11000 | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.03 | 100  | 0.30 | 11000 | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.03 | 300  | 0.30 | 20000 | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.03 | 400  | 0.30 | 8000  | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.03 | 250  | 0.30 | 6000  | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.03 | 250  | 0.30 | 6500  | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.03 | 250  | 0.30 | 8500  | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.03 | 500  | 0.30 |       |      |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.01 | 400  | 0.30 |       |      |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.01 | 1000 | 0.10 | 3500  | 0.30 | 11000 | 0.00 |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.03 | 2500 | 0.30 | 9500  | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.03 | 250  | 0.30 | 8500  | 0.00 |       |      |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 5.0 m s.n.s. Perfodo: 72060609–82123121

| Sect  | Frec  | < 1 | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 17.4  | 49  | 9  | 74  | 119 | 150 | 102 | 98  | 121 | 68 | 139 | 53 | 15 | 3  | 0   | 7.1 | 2.21 |
| 30    | 42.5  | 20  | 4  | 37  | 81  | 110 | 95  | 117 | 152 | 93 | 193 | 74 | 20 | 3  | 1   | 8.2 | 2.84 |
| 60    | 11.3  | 75  | 13 | 39  | 77  | 111 | 100 | 135 | 156 | 88 | 143 | 52 | 8  | 2  | 0   | 7.5 | 2.76 |
| 90    | 6.1   | 112 | 7  | 47  | 77  | 109 | 115 | 147 | 200 | 84 | 95  | 5  | 2  | 0  | 0   | 6.8 | 3.21 |
| 120   | 3.3   | 268 | 14 | 77  | 184 | 152 | 82  | 82  | 74  | 21 | 38  | 7  | 0  | 1  | 0   | 4.6 | 1.74 |
| 150   | 2.3   | 373 | 21 | 126 | 147 | 129 | 44  | 36  | 43  | 21 | 33  | 21 | 7  | 0  | 0   | 3.8 | 1.28 |
| 180   | 2.4   | 299 | 35 | 122 | 196 | 122 | 57  | 45  | 31  | 16 | 69  | 6  | 1  | 0  | 0   | 4.1 | 1.43 |
| 210   | 2.5   | 336 | 15 | 76  | 139 | 126 | 97  | 70  | 53  | 26 | 39  | 22 | 0  | 0  | 0   | 4.5 | 1.57 |
| 240   | 2.2   | 350 | 19 | 59  | 91  | 103 | 95  | 91  | 86  | 30 | 53  | 16 | 7  | 0  | 0   | 4.8 | 1.60 |
| 270   | 2.3   | 364 | 15 | 74  | 117 | 68  | 76  | 57  | 73  | 34 | 91  | 26 | 4  | 2  | 0   | 4.6 | 1.32 |
| 300   | 3.0   | 271 | 24 | 123 | 137 | 111 | 67  | 87  | 70  | 41 | 57  | 10 | 1  | 0  | 0   | 4.6 | 1.53 |
| 330   | 4.7   | 207 | 13 | 92  | 144 | 129 | 93  | 98  | 102 | 58 | 49  | 8  | 3  | 2  | 0   | 5.3 | 1.85 |
| Total | 100.0 | 99  | 9  | 57  | 102 | 119 | 94  | 108 | 131 | 74 | 140 | 50 | 13 | 2  | 0   | 7.2 | 2.35 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 4.5 | 4.4 | 6.6 | 5.8 | 5.8 | 5.7 | 6.3 | 7.9 | 6.2 | 5.4 | 3.5 | 4.3 | 5.6 |
| 3   | 0.0 | 0.0 | 7.2 | 4.7 | 5.0 | 5.2 | 6.6 | 6.2 | 6.2 | 4.6 | 0.0 | 0.0 | 5.8 |
| 6   | 4.3 | 4.3 | 5.1 | 4.5 | 5.4 | 4.7 | 6.2 | 5.9 | 4.4 | 3.7 | 4.0 | 4.3 | 4.8 |
| 9   | 4.4 | 4.7 | 6.2 | 6.2 | 7.5 | 6.7 | 7.7 | 7.1 | 6.1 | 5.0 | 4.6 | 4.3 | 5.9 |
| 12  | 6.1 | 6.9 | 7.8 | 7.3 | 8.0 | 7.4 | 8.2 | 7.5 | 7.2 | 6.6 | 6.3 | 6.1 | 7.1 |
| 15  | 6.6 | 7.1 | 8.0 | 7.7 | 8.4 | 7.7 | 8.5 | 8.1 | 7.6 | 6.7 | 6.2 | 6.2 | 7.4 |
| 18  | 5.8 | 6.9 | 7.8 | 7.6 | 8.4 | 7.7 | 8.8 | 8.1 | 7.6 | 6.6 | 5.9 | 5.3 | 7.2 |
| 21  | 4.6 | 4.8 | 6.1 | 6.0 | 7.0 | 6.2 | 7.5 | 6.7 | 5.7 | 4.8 | 4.3 | 3.9 | 5.6 |
| Día | 5.3 | 5.8 | 6.9 | 6.5 | 7.4 | 6.7 | 7.8 | 7.3 | 6.5 | 5.6 | 5.3 | 5.0 | 6.3 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 13.3 | 15.6 | 14.8 | 12.0 | 8.8  | 6.7  | 6.7  | 8.2  | 8.6  | 7.0  | 7.0  | 8.7  | 13.1  |
|      | 2.13 | 2.74 | 2.83 | 2.87 | 1.94 | 1.38 | 1.38 | 1.73 | 1.78 | 1.37 | 1.49 | 1.78 | 2.14  |
| 25   | 14.5 | 16.9 | 16.1 | 13.0 | 9.6  | 7.4  | 7.4  | 8.9  | 9.3  | 7.7  | 7.7  | 9.5  | 14.3  |
|      | 2.15 | 2.75 | 2.85 | 2.90 | 1.98 | 1.41 | 1.41 | 1.75 | 1.81 | 1.40 | 1.52 | 1.82 | 2.16  |
| 50   | 15.4 | 18.0 | 17.1 | 13.9 | 10.2 | 7.9  | 7.9  | 9.6  | 10.0 | 8.2  | 8.3  | 10.2 | 15.2  |
|      | 2.17 | 2.78 | 2.88 | 2.97 | 2.03 | 1.45 | 1.45 | 1.80 | 1.85 | 1.44 | 1.56 | 1.87 | 2.19  |
| 100  | 16.3 | 19.0 | 18.2 | 14.9 | 11.0 | 8.5  | 8.5  | 10.2 | 10.7 | 8.8  | 8.9  | 10.9 | 16.2  |
|      | 2.18 | 2.79 | 2.89 | 2.94 | 1.99 | 1.42 | 1.42 | 1.77 | 1.83 | 1.41 | 1.53 | 1.83 | 2.19  |
| 200  | 17.4 | 20.3 | 19.4 | 16.0 | 11.9 | 9.1  | 9.1  | 11.1 | 11.5 | 9.4  | 9.6  | 11.8 | 17.3  |
|      | 2.15 | 2.76 | 2.85 | 2.86 | 1.91 | 1.37 | 1.37 | 1.71 | 1.77 | 1.37 | 1.48 | 1.77 | 2.17  |
| Frec | 14.6 | 37.2 | 17.9 | 7.2  | 3.9  | 2.5  | 2.4  | 2.5  | 2.3  | 2.3  | 2.8  | 4.3  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 9.7  | 11.3 | 9.9  | 7.9  | 5.2  | 4.3  | 4.7  | 5.9  | 6.0  | 4.7  | 4.9  | 6.3  | 9.4   |
|      | 2.05 | 2.63 | 2.72 | 2.78 | 1.49 | 1.13 | 1.24 | 1.57 | 1.60 | 1.20 | 1.33 | 1.62 | 2.01  |
| 25   | 11.3 | 13.1 | 11.6 | 9.3  | 6.3  | 5.2  | 5.6  | 7.0  | 7.1  | 5.5  | 5.8  | 7.4  | 10.9  |
|      | 2.09 | 2.67 | 2.78 | 2.91 | 1.58 | 1.18 | 1.31 | 1.64 | 1.66 | 1.25 | 1.41 | 1.70 | 2.05  |
| 50   | 12.6 | 14.6 | 12.9 | 10.5 | 7.2  | 5.9  | 6.5  | 7.9  | 8.1  | 6.3  | 6.8  | 8.4  | 12.2  |
|      | 2.14 | 2.74 | 2.88 | 3.13 | 1.74 | 1.26 | 1.41 | 1.75 | 1.77 | 1.33 | 1.54 | 1.81 | 2.12  |
| 100  | 14.0 | 16.2 | 14.4 | 12.1 | 8.5  | 6.9  | 7.5  | 9.1  | 9.3  | 7.4  | 7.9  | 9.7  | 13.7  |
|      | 2.25 | 2.85 | 3.07 | 3.36 | 1.86 | 1.35 | 1.51 | 1.88 | 1.90 | 1.43 | 1.65 | 1.94 | 2.23  |
| 200  | 15.7 | 18.0 | 16.4 | 14.3 | 10.3 | 8.1  | 8.9  | 10.7 | 10.9 | 8.6  | 9.5  | 11.4 | 15.5  |
|      | 2.23 | 2.85 | 3.00 | 3.24 | 1.79 | 1.31 | 1.46 | 1.82 | 1.84 | 1.38 | 1.58 | 1.88 | 2.25  |
| Frec | 17.4 | 42.5 | 11.4 | 6.1  | 3.3  | 2.3  | 2.4  | 2.5  | 2.2  | 2.3  | 3.0  | 4.7  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 8.7  | 9.8  | 8.6  | 6.8  | 4.5  | 3.8  | 4.1  | 5.2  | 5.2  | 4.1  | 4.3  | 6.1  | 8.1   |
|      | 2.15 | 2.62 | 2.73 | 2.65 | 1.47 | 1.14 | 1.24 | 1.58 | 1.57 | 1.21 | 1.36 | 1.65 | 2.01  |
| 25   | 10.4 | 11.8 | 10.4 | 8.3  | 5.6  | 4.7  | 5.1  | 6.3  | 6.3  | 5.0  | 5.4  | 7.4  | 9.8   |
|      | 2.19 | 2.65 | 2.78 | 2.77 | 1.55 | 1.18 | 1.30 | 1.65 | 1.63 | 1.25 | 1.42 | 1.70 | 2.05  |
| 50   | 11.9 | 13.3 | 11.8 | 9.5  | 6.5  | 5.4  | 5.9  | 7.3  | 7.3  | 5.8  | 6.3  | 8.5  | 11.2  |
|      | 2.24 | 2.70 | 2.87 | 2.95 | 1.68 | 1.25 | 1.38 | 1.74 | 1.72 | 1.33 | 1.53 | 1.77 | 2.11  |
| 100  | 13.4 | 15.0 | 13.3 | 11.0 | 7.7  | 6.4  | 7.0  | 8.4  | 8.4  | 6.8  | 7.4  | 9.8  | 12.7  |
|      | 2.33 | 2.81 | 3.04 | 3.22 | 1.84 | 1.37 | 1.51 | 1.90 | 1.88 | 1.45 | 1.67 | 1.91 | 2.21  |
| 200  | 15.1 | 16.8 | 15.2 | 13.0 | 9.3  | 7.5  | 8.2  | 9.9  | 9.9  | 8.0  | 8.9  | 11.3 | 14.4  |
|      | 2.35 | 2.84 | 3.03 | 3.12 | 1.77 | 1.33 | 1.46 | 1.85 | 1.82 | 1.40 | 1.62 | 1.88 | 2.24  |
| Frec | 19.2 | 40.3 | 10.9 | 5.9  | 3.2  | 2.3  | 2.4  | 2.5  | 2.2  | 2.4  | 3.1  | 5.6  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 6.9  | 7.6  | 6.6  | 5.2  | 3.5  | 3.0  | 3.3  | 4.1  | 4.0  | 3.2  | 3.6  | 5.3  | 6.3   |
|      | 2.25 | 2.60 | 2.71 | 2.51 | 1.44 | 1.15 | 1.27 | 1.59 | 1.54 | 1.22 | 1.41 | 1.72 | 2.01  |
| 25   | 9.0  | 9.8  | 8.6  | 6.8  | 4.6  | 4.0  | 4.3  | 5.3  | 5.2  | 4.2  | 4.7  | 6.8  | 8.2   |
|      | 2.28 | 2.63 | 2.76 | 2.61 | 1.51 | 1.19 | 1.32 | 1.65 | 1.59 | 1.26 | 1.47 | 1.76 | 2.04  |
| 50   | 10.5 | 11.5 | 10.1 | 8.1  | 5.6  | 4.8  | 5.2  | 6.3  | 6.2  | 5.0  | 5.7  | 8.1  | 9.7   |
|      | 2.32 | 2.68 | 2.84 | 2.74 | 1.62 | 1.26 | 1.39 | 1.73 | 1.67 | 1.33 | 1.56 | 1.80 | 2.09  |
| 100  | 12.2 | 13.3 | 11.7 | 9.5  | 6.7  | 5.7  | 6.3  | 7.5  | 7.3  | 6.0  | 6.8  | 9.4  | 11.2  |
|      | 2.40 | 2.76 | 2.97 | 3.00 | 1.81 | 1.37 | 1.52 | 1.87 | 1.80 | 1.45 | 1.72 | 1.89 | 2.18  |
| 200  | 14.0 | 15.2 | 13.6 | 11.3 | 8.1  | 6.8  | 7.4  | 8.8  | 8.6  | 7.2  | 8.1  | 10.9 | 13.0  |
|      | 2.46 | 2.83 | 3.04 | 2.99 | 1.77 | 1.36 | 1.51 | 1.87 | 1.81 | 1.44 | 1.70 | 1.93 | 2.24  |
| Frec | 21.8 | 37.0 | 10.4 | 5.6  | 3.1  | 2.3  | 2.4  | 2.5  | 2.3  | 2.4  | 3.3  | 6.9  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |      | Clase 3 |      |
|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| 10  | 11.6    | 1727 | 8.3     | 664  | 7.2     | 432  | 5.6     | 206  |
| 25  | 12.7    | 2207 | 9.7     | 1036 | 8.7     | 751  | 7.3     | 439  |
| 50  | 13.5    | 2626 | 10.8    | 1403 | 9.9     | 1077 | 8.6     | 704  |
| 100 | 14.3    | 3157 | 12.1    | 1883 | 11.2    | 1504 | 10.0    | 1063 |
| 200 | 15.3    | 3873 | 13.7    | 2705 | 12.8    | 2193 | 11.5    | 1596 |



**Tenerife (Reina Sofía)**

28° 02' 00" N    16° 34' 00" W    UTM 28   E 345991 m   N 3101928 m    72 m s.n.m.

Situada a 2 km N de la costa S de la Isla de Tenerife. La Isla se inclina desde el mar hasta la cumbre del Pico de Teide (3715 m), a 25 km hacia el N.

| Sect | z <sub>01</sub> | x <sub>1</sub> | z <sub>02</sub> | x <sub>2</sub> | z <sub>03</sub> | x <sub>3</sub> | z <sub>04</sub> | x <sub>4</sub> | z <sub>05</sub> | x <sub>5</sub> | z <sub>06</sub> | Porc | Grad |
|------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------|------|
| 0    | 0.01            | 500            | 0.10            | 2500           | 0.30            |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 30   | 0.03            | 500            | 0.10            | 3500           | 0.30            |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 60   | 0.03            | 500            | 0.10            | 6000           | 0.00            |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 90   | 0.03            | 500            | 0.10            | 2500           | 0.00            |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 120  | 0.03            | 500            | 0.10            | 1600           | 0.00            |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 150  | 0.03            | 500            | 0.10            | 2500           | 0.00            |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 180  | 0.03            | 500            | 0.10            | 1800           | 0.00            |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 210  | 0.03            | 500            | 0.10            | 2200           | 0.00            |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 240  | 0.03            | 500            | 0.10            | 4000           | 0.01            |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 270  | 0.01            | 1200           | 0.10            |                |                 |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 300  | 0.01            | 750            | 0.10            |                |                 |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |
| 330  | 0.01            | 250            | 0.10            |                |                 |                |                 |                |                 |                |                 |      |      |

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Período: 78120112-82123121

| Sect  | Frec  | <1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 11  | 13  | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 7.0   | 209 | 55 | 255 | 228 | 139 | 82  | 14  | 7   | 3  | 7   | 1   | 0  | 0  | 0   | 3.5 | 2.00 |
| 30    | 30.2  | 42  | 9  | 57  | 115 | 152 | 140 | 109 | 108 | 63 | 147 | 43  | 11 | 2  | 1   | 7.0 | 2.16 |
| 60    | 26.9  | 39  | 5  | 22  | 51  | 84  | 97  | 93  | 123 | 85 | 257 | 112 | 23 | 8  | 0   | 8.9 | 3.04 |
| 90    | 8.2   | 146 | 9  | 66  | 118 | 140 | 173 | 117 | 84  | 52 | 85  | 8   | 0  | 0  | 0   | 6.0 | 2.36 |
| 120   | 3.2   | 432 | 33 | 90  | 180 | 126 | 102 | 17  | 14  | 2  | 3   | 0   | 0  | 0  | 0   | 3.1 | 1.61 |
| 150   | 3.2   | 399 | 16 | 159 | 166 | 151 | 86  | 12  | 9   | 0  | 3   | 0   | 0  | 0  | 0   | 3.1 | 1.74 |
| 180   | 3.7   | 342 | 16 | 74  | 153 | 180 | 164 | 43  | 13  | 7  | 5   | 2   | 0  | 0  | 0   | 4.0 | 2.09 |
| 210   | 3.8   | 381 | 8  | 77  | 119 | 118 | 95  | 75  | 56  | 26 | 43  | 3   | 0  | 0  | 0   | 4.2 | 1.56 |
| 240   | 4.1   | 355 | 10 | 57  | 76  | 62  | 90  | 52  | 110 | 47 | 73  | 38  | 10 | 19 | 2   | 5.5 | 1.44 |
| 270   | 3.8   | 334 | 29 | 104 | 105 | 101 | 85  | 50  | 62  | 25 | 70  | 31  | 4  | 0  | 0   | 4.5 | 1.36 |
| 300   | 2.3   | 501 | 55 | 158 | 165 | 72  | 29  | 11  | 4   | 0  | 5   | 0   | 0  | 0  | 0   | 2.3 | 1.34 |
| 330   | 3.6   | 349 | 65 | 215 | 237 | 98  | 31  | 3   | 3   | 0  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 2.8 | 2.03 |
| Total | 100.0 | 155 | 16 | 78  | 115 | 121 | 113 | 78  | 84  | 51 | 128 | 47  | 10 | 4  | 0   | 6.3 | 1.81 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 4.2 | 3.9 | 4.4 | 3.5 | 4.3 | 4.3 | 4.4 | 4.5 | 3.4 | 3.3 | 3.4 | 4.9 | 4.0 |
| 3   | 3.7 | 4.0 | 3.3 | 2.9 | 3.5 | 3.0 | 3.7 | 4.2 | 3.0 | 3.2 | 3.7 | 4.3 | 3.6 |
| 6   | 4.2 | 4.0 | 4.4 | 3.2 | 3.8 | 2.5 | 3.3 | 3.1 | 2.7 | 3.0 | 3.8 | 4.6 | 3.5 |
| 9   | 4.7 | 4.0 | 5.0 | 3.6 | 4.8 | 4.0 | 4.8 | 4.9 | 3.7 | 3.1 | 4.3 | 4.5 | 4.3 |
| 12  | 6.9 | 7.2 | 7.9 | 6.4 | 8.1 | 8.0 | 8.6 | 8.3 | 7.1 | 7.0 | 7.0 | 6.8 | 7.4 |
| 15  | 7.5 | 7.7 | 8.3 | 7.3 | 8.3 | 8.4 | 9.3 | 9.2 | 7.9 | 7.0 | 7.2 | 7.2 | 7.9 |
| 18  | 6.8 | 6.6 | 7.6 | 6.8 | 8.0 | 7.7 | 8.2 | 8.2 | 7.1 | 6.2 | 5.9 | 6.4 | 7.1 |
| 21  | 4.6 | 4.6 | 4.9 | 4.8 | 5.6 | 5.3 | 6.6 | 5.7 | 5.1 | 3.9 | 3.9 | 4.5 | 4.9 |
| Día | 5.4 | 5.3 | 5.9 | 5.0 | 5.9 | 5.5 | 6.2 | 6.0 | 5.1 | 4.6 | 4.9 | 5.5 | 5.4 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 5.8  | 11.8 | 12.8 | 9.9  | 5.7  | 4.3  | 5.3  | 5.8  | 8.3  | 7.3  | 4.6  | 4.7  | 9.8   |
|      | 2.40 | 2.27 | 2.83 | 2.10 | 1.69 | 1.71 | 2.01 | 1.62 | 1.54 | 1.52 | 1.43 | 2.33 | 1.84  |
| 25   | 6.3  | 12.8 | 13.9 | 10.8 | 6.2  | 4.7  | 5.8  | 6.3  | 9.1  | 7.9  | 5.0  | 5.1  | 10.7  |
|      | 2.48 | 2.30 | 2.86 | 2.13 | 1.74 | 1.77 | 2.07 | 1.67 | 1.56 | 1.55 | 1.48 | 2.40 | 1.86  |
| 50   | 6.8  | 13.6 | 14.8 | 11.5 | 6.7  | 5.1  | 6.2  | 6.8  | 9.7  | 8.5  | 5.4  | 5.5  | 11.4  |
|      | 2.55 | 2.33 | 2.92 | 2.19 | 1.79 | 1.81 | 2.12 | 1.72 | 1.58 | 1.60 | 1.51 | 2.47 | 1.89  |
| 100  | 7.4  | 14.5 | 15.8 | 12.4 | 7.3  | 5.5  | 6.7  | 7.4  | 10.3 | 9.1  | 5.9  | 5.9  | 12.2  |
|      | 2.46 | 2.33 | 2.90 | 2.15 | 1.73 | 1.76 | 2.06 | 1.66 | 1.57 | 1.56 | 1.47 | 2.39 | 1.89  |
| 200  | 8.2  | 15.6 | 16.9 | 13.4 | 8.0  | 6.1  | 7.4  | 8.1  | 11.1 | 9.8  | 6.4  | 6.6  | 13.1  |
|      | 2.33 | 2.28 | 2.83 | 2.08 | 1.64 | 1.66 | 1.95 | 1.58 | 1.54 | 1.52 | 1.39 | 2.26 | 1.87  |
| Frec | 6.4  | 26.1 | 27.7 | 11.3 | 4.1  | 3.2  | 3.6  | 3.8  | 4.1  | 3.9  | 2.6  | 3.3  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.7  | 8.6  | 9.2  | 5.7  | 2.8  | 3.0  | 3.8  | 4.0  | 6.1  | 4.8  | 2.6  | 3.3  | 6.9   |
|      | 1.55 | 2.20 | 2.77 | 1.94 | 1.36 | 1.45 | 1.69 | 1.27 | 1.44 | 1.36 | 1.37 | 1.98 | 1.72  |
| 25   | 5.6  | 10.1 | 10.8 | 6.8  | 3.4  | 3.6  | 4.5  | 4.8  | 7.2  | 5.7  | 3.1  | 4.0  | 8.2   |
|      | 1.67 | 2.26 | 2.85 | 2.09 | 1.47 | 1.56 | 1.83 | 1.37 | 1.48 | 1.42 | 1.47 | 2.13 | 1.78  |
| 50   | 6.5  | 11.3 | 12.1 | 7.8  | 4.0  | 4.2  | 5.2  | 5.7  | 8.1  | 6.5  | 3.6  | 4.6  | 9.2   |
|      | 1.88 | 2.36 | 2.98 | 2.35 | 1.65 | 1.75 | 2.05 | 1.53 | 1.54 | 1.54 | 1.65 | 2.40 | 1.87  |
| 100  | 7.8  | 12.7 | 13.6 | 9.3  | 4.8  | 5.0  | 6.2  | 6.8  | 9.2  | 7.6  | 4.3  | 5.5  | 10.6  |
|      | 2.00 | 2.52 | 3.19 | 2.50 | 1.75 | 1.86 | 2.18 | 1.63 | 1.65 | 1.65 | 1.76 | 2.55 | 1.99  |
| 200  | 9.6  | 14.5 | 15.6 | 11.6 | 6.0  | 6.3  | 7.7  | 8.4  | 10.6 | 9.1  | 5.4  | 6.8  | 12.3  |
|      | 1.91 | 2.46 | 3.11 | 2.39 | 1.67 | 1.78 | 2.08 | 1.56 | 1.61 | 1.59 | 1.68 | 2.44 | 2.01  |
| Frec | 7.9  | 30.2 | 26.0 | 8.0  | 3.2  | 3.2  | 3.7  | 3.8  | 4.1  | 3.7  | 2.4  | 3.8  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.7  | 7.6  | 7.9  | 4.8  | 2.5  | 2.7  | 3.3  | 3.5  | 5.2  | 4.1  | 2.3  | 3.0  | 6.0   |
|      | 1.48 | 2.27 | 2.72 | 1.88 | 1.35 | 1.46 | 1.60 | 1.23 | 1.42 | 1.33 | 1.47 | 2.06 | 1.72  |
| 25   | 5.7  | 9.2  | 9.6  | 6.0  | 3.1  | 3.3  | 4.0  | 4.4  | 6.4  | 5.0  | 2.9  | 3.8  | 7.3   |
|      | 1.54 | 2.32 | 2.79 | 2.01 | 1.44 | 1.56 | 1.71 | 1.31 | 1.46 | 1.40 | 1.56 | 2.20 | 1.77  |
| 50   | 6.7  | 10.5 | 11.0 | 7.0  | 3.7  | 3.9  | 4.8  | 5.3  | 7.3  | 5.8  | 3.5  | 4.4  | 8.4   |
|      | 1.63 | 2.41 | 2.90 | 2.22 | 1.58 | 1.72 | 1.90 | 1.45 | 1.52 | 1.49 | 1.73 | 2.44 | 1.84  |
| 100  | 7.8  | 11.9 | 12.5 | 8.3  | 4.4  | 4.7  | 5.7  | 6.4  | 8.4  | 6.9  | 4.1  | 5.2  | 9.7   |
|      | 1.78 | 2.57 | 3.11 | 2.44 | 1.74 | 1.89 | 2.08 | 1.59 | 1.63 | 1.64 | 1.90 | 2.69 | 1.97  |
| 200  | 9.2  | 13.6 | 14.4 | 10.3 | 5.4  | 5.8  | 7.0  | 7.8  | 9.7  | 8.2  | 5.1  | 6.4  | 11.3  |
|      | 1.73 | 2.55 | 3.07 | 2.34 | 1.67 | 1.81 | 1.99 | 1.52 | 1.60 | 1.58 | 1.82 | 2.57 | 1.99  |
| Frec | 9.7  | 29.9 | 24.6 | 7.6  | 3.2  | 3.3  | 3.7  | 3.8  | 4.1  | 3.6  | 2.5  | 4.1  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.3  | 6.0  | 6.1  | 3.7  | 2.0  | 2.2  | 2.6  | 2.9  | 4.0  | 3.0  | 1.9  | 2.5  | 4.7   |
|      | 1.61 | 2.35 | 2.63 | 1.81 | 1.37 | 1.49 | 1.55 | 1.21 | 1.41 | 1.30 | 1.48 | 2.04 | 1.73  |
| 25   | 5.6  | 7.8  | 7.9  | 4.8  | 2.6  | 2.9  | 3.4  | 3.8  | 5.2  | 4.0  | 2.5  | 3.3  | 6.1   |
|      | 1.66 | 2.40 | 2.69 | 1.92 | 1.46 | 1.58 | 1.64 | 1.27 | 1.45 | 1.36 | 1.56 | 2.16 | 1.77  |
| 50   | 6.7  | 9.2  | 9.4  | 5.9  | 3.2  | 3.5  | 4.1  | 4.7  | 6.2  | 4.8  | 3.0  | 3.9  | 7.3   |
|      | 1.73 | 2.47 | 2.79 | 2.08 | 1.58 | 1.72 | 1.78 | 1.35 | 1.50 | 1.44 | 1.70 | 2.35 | 1.83  |
| 100  | 7.8  | 10.7 | 10.9 | 7.1  | 3.9  | 4.3  | 5.0  | 5.7  | 7.3  | 5.8  | 3.7  | 4.7  | 8.6   |
|      | 1.85 | 2.61 | 2.95 | 2.37 | 1.79 | 1.95 | 2.03 | 1.52 | 1.59 | 1.60 | 1.93 | 2.68 | 1.94  |
| 200  | 9.2  | 12.4 | 12.7 | 8.6  | 4.8  | 5.2  | 6.1  | 6.8  | 8.5  | 6.9  | 4.5  | 5.8  | 10.1  |
|      | 1.87 | 2.66 | 3.00 | 2.28 | 1.73 | 1.88 | 1.95 | 1.48 | 1.61 | 1.57 | 1.86 | 2.58 | 1.98  |
| Frec | 12.2 | 29.5 | 22.6 | 7.0  | 3.2  | 3.3  | 3.7  | 3.8  | 4.1  | 3.4  | 2.6  | 4.5  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |      | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|-----|
| 10  | 8.7     | 838  | 6.2     | 324  | 5.4     | 213  | 4.2     | 101 |
| 25  | 9.5     | 1071 | 7.3     | 508  | 6.5     | 370  | 5.5     | 217 |
| 50  | 10.1    | 1276 | 8.2     | 693  | 7.5     | 534  | 6.5     | 348 |
| 100 | 10.8    | 1559 | 9.4     | 961  | 8.6     | 759  | 7.6     | 532 |
| 200 | 11.6    | 1981 | 10.9    | 1515 | 10.1    | 1197 | 8.9     | 843 |

Valencia

39° 07' 00" N    00° 28' 00" E                    UTM 31   E 280970 m   N 4332852 m                    62 m s.n.m.

Situada al E de la ciudad de Valencia. La distancia al Mar Mediterráneo es de 15 km en la dirección este. El anemómetro está en lo alto de un edificio de 13-m de altura, 7 m por encima de la cubierta.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2    | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|-------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.01 | 250  | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 30   | 0.01 | 250  | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 60   | 0.01 | 250  | 0.40 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 90   | 0.01 | 200  | 0.40 | 12000 | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 120  | 0.01 | 400  | 0.40 | 13000 | 0.00 |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 150  | 0.01 | 1250 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 180  | 0.01 | 1250 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 210  | 0.01 | 1250 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 240  | 0.01 | 2000 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 270  | 0.01 | 2000 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 300  | 0.01 | 1750 | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |
| 330  | 0.01 | 500  | 0.30 |       |      |    |     |    |     |    |     |      |      |

Altura del anemómetro: 20.0 m s.n.s. Período: 72060603–82123121

| Sect  | Frec  | <1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 5.6   | 572 | 47 | 99  | 66  | 51  | 42  | 24  | 20 | 15 | 37  | 10 | 9  | 6  | 2   | 2.2 | 0.82 |
| 30    | 5.5   | 565 | 39 | 91  | 80  | 64  | 60  | 36  | 21 | 14 | 19  | 5  | 3  | 1  | 2   | 2.3 | 0.92 |
| 60    | 10.9  | 280 | 41 | 107 | 134 | 139 | 130 | 72  | 38 | 22 | 27  | 5  | 2  | 2  | 0   | 4.4 | 1.70 |
| 90    | 10.5  | 316 | 21 | 75  | 109 | 151 | 145 | 110 | 48 | 15 | 10  | 1  | 0  | 0  | 0   | 4.4 | 2.02 |
| 120   | 11.1  | 286 | 26 | 69  | 104 | 152 | 164 | 119 | 48 | 22 | 10  | 0  | 0  | 0  | 0   | 4.7 | 2.21 |
| 150   | 5.0   | 611 | 24 | 65  | 71  | 68  | 73  | 47  | 18 | 15 | 8   | 0  | 0  | 0  | 0   | 2.0 | 0.96 |
| 180   | 4.1   | 801 | 16 | 52  | 43  | 34  | 32  | 12  | 6  | 3  | 1   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.5 | 0.59 |
| 210   | 4.2   | 777 | 16 | 49  | 47  | 36  | 35  | 19  | 11 | 5  | 5   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0.7 | 0.62 |
| 240   | 8.1   | 391 | 34 | 73  | 63  | 67  | 87  | 76  | 61 | 44 | 69  | 20 | 9  | 2  | 3   | 4.6 | 1.32 |
| 270   | 14.2  | 233 | 39 | 68  | 73  | 72  | 78  | 72  | 54 | 50 | 124 | 66 | 40 | 18 | 10  | 6.7 | 1.53 |
| 300   | 12.8  | 258 | 59 | 158 | 113 | 104 | 82  | 46  | 34 | 26 | 61  | 26 | 17 | 12 | 5   | 4.4 | 1.18 |
| 330   | 8.1   | 401 | 41 | 126 | 110 | 95  | 63  | 42  | 28 | 23 | 41  | 14 | 10 | 6  | 1   | 3.6 | 1.11 |
| Total | 100.0 | 384 | 36 | 91  | 92  | 97  | 93  | 65  | 38 | 25 | 43  | 17 | 10 | 5  | 3   | 4.2 | 1.24 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 3.2 | 3.3 | 2.5 | 2.1 | 1.4 | 1.0 | 0.9 | 1.1 | 1.4 | 2.1 | 2.5 | 3.7 | 2.1 |
| 3   | 3.3 | 3.3 | 3.0 | 2.2 | 1.4 | 1.2 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 2.4 | 2.6 | 3.6 | 2.1 |
| 6   | 3.2 | 3.3 | 2.7 | 2.1 | 1.5 | 1.2 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 2.5 | 2.7 | 3.7 | 2.2 |
| 9   | 3.7 | 4.2 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 2.2 | 1.7 | 1.6 | 1.9 | 3.5 | 3.3 | 4.1 | 3.0 |
| 12  | 4.4 | 5.1 | 5.4 | 5.6 | 5.6 | 5.4 | 5.2 | 4.9 | 4.1 | 4.4 | 3.5 | 4.7 | 4.8 |
| 15  | 5.6 | 6.3 | 6.8 | 6.5 | 6.3 | 6.1 | 6.2 | 5.9 | 5.6 | 5.8 | 5.2 | 5.8 | 6.0 |
| 18  | 3.6 | 4.4 | 4.8 | 4.8 | 4.5 | 4.9 | 4.8 | 4.6 | 3.8 | 3.2 | 2.4 | 3.4 | 4.1 |
| 21  | 3.0 | 3.1 | 2.5 | 2.1 | 1.6 | 1.5 | 1.6 | 1.3 | 1.3 | 2.3 | 2.4 | 3.4 | 2.2 |
| Día | 3.8 | 4.1 | 4.0 | 3.6 | 3.2 | 2.9 | 2.8 | 2.7 | 2.6 | 3.3 | 3.1 | 4.1 | 3.3 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 4.4  | 3.7  | 6.8  | 6.7  | 6.6  | 5.3  | 1.6  | 1.2  | 5.0  | 8.2  | 6.8  | 5.5  | 5.8   |
|      | 1.01 | 0.95 | 1.68 | 1.80 | 2.05 | 1.73 | 0.83 | 0.76 | 1.26 | 1.59 | 1.36 | 1.24 | 1.31  |
| 25   | 4.8  | 4.1  | 7.5  | 7.4  | 7.2  | 5.9  | 1.8  | 1.4  | 5.5  | 8.9  | 7.4  | 6.1  | 6.3   |
|      | 1.02 | 0.96 | 1.73 | 1.86 | 2.11 | 1.79 | 0.85 | 0.78 | 1.29 | 1.61 | 1.38 | 1.26 | 1.34  |
| 50   | 5.2  | 4.4  | 8.0  | 7.9  | 7.7  | 6.3  | 1.9  | 1.5  | 5.9  | 9.6  | 7.9  | 6.5  | 6.8   |
|      | 1.05 | 0.99 | 1.77 | 1.91 | 2.17 | 1.83 | 0.87 | 0.80 | 1.33 | 1.65 | 1.41 | 1.30 | 1.37  |
| 100  | 5.5  | 4.7  | 8.6  | 8.6  | 8.4  | 6.8  | 2.1  | 1.6  | 6.3  | 10.2 | 8.4  | 6.9  | 7.3   |
|      | 1.04 | 0.97 | 1.72 | 1.85 | 2.10 | 1.77 | 0.85 | 0.77 | 1.29 | 1.63 | 1.39 | 1.27 | 1.35  |
| 200  | 5.9  | 5.0  | 9.5  | 9.5  | 9.3  | 7.5  | 2.2  | 1.7  | 6.9  | 11.0 | 9.1  | 7.5  | 7.9   |
|      | 1.01 | 0.95 | 1.64 | 1.75 | 1.99 | 1.69 | 0.81 | 0.74 | 1.24 | 1.58 | 1.35 | 1.23 | 1.31  |
| Frec | 6.5  | 5.5  | 8.8  | 10.7 | 10.9 | 7.3  | 4.4  | 4.2  | 6.7  | 12.0 | 13.1 | 9.8  | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.7  | 2.5  | 5.0  | 4.6  | 4.5  | 2.7  | 0.6  | 0.6  | 3.9  | 6.0  | 4.3  | 3.7  | 3.9   |
|      | 0.85 | 0.87 | 1.55 | 1.58 | 1.74 | 1.12 | 0.62 | 0.60 | 1.21 | 1.47 | 1.17 | 1.09 | 1.16  |
| 25   | 3.2  | 3.0  | 6.0  | 5.5  | 5.5  | 3.2  | 0.8  | 0.8  | 4.7  | 7.1  | 5.1  | 4.5  | 4.7   |
|      | 0.87 | 0.91 | 1.67 | 1.70 | 1.88 | 1.20 | 0.65 | 0.63 | 1.29 | 1.52 | 1.21 | 1.14 | 1.22  |
| 50   | 3.7  | 3.6  | 6.9  | 6.4  | 6.3  | 3.8  | 1.0  | 1.0  | 5.5  | 8.0  | 5.8  | 5.2  | 5.5   |
|      | 0.91 | 0.98 | 1.86 | 1.91 | 2.12 | 1.34 | 0.72 | 0.69 | 1.42 | 1.60 | 1.29 | 1.23 | 1.31  |
| 100  | 4.3  | 4.2  | 8.2  | 7.6  | 7.5  | 4.6  | 1.3  | 1.2  | 6.5  | 9.2  | 6.8  | 6.1  | 6.4   |
|      | 0.97 | 1.04 | 1.98 | 2.03 | 2.25 | 1.42 | 0.75 | 0.73 | 1.52 | 1.71 | 1.38 | 1.31 | 1.40  |
| 200  | 4.9  | 4.9  | 10.2 | 9.4  | 9.4  | 5.7  | 1.5  | 1.5  | 8.0  | 10.6 | 7.9  | 7.1  | 7.7   |
|      | 0.94 | 1.01 | 1.90 | 1.94 | 2.15 | 1.36 | 0.73 | 0.70 | 1.46 | 1.66 | 1.34 | 1.26 | 1.37  |
| Frec | 5.9  | 5.5  | 10.1 | 10.6 | 11.1 | 5.9  | 4.2  | 4.2  | 7.6  | 13.5 | 12.9 | 8.6  | 100.0 |

Clase de rugosidad 2

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 2.2  | 2.2  | 4.4  | 4.0  | 3.9  | 1.9  | 0.5  | 0.6  | 3.5  | 5.3  | 3.6  | 3.2  | 3.4   |
|      | 0.83 | 0.89 | 1.59 | 1.59 | 1.72 | 1.00 | 0.60 | 0.61 | 1.25 | 1.49 | 1.15 | 1.08 | 1.17  |
| 25   | 2.7  | 2.8  | 5.5  | 4.9  | 4.9  | 2.4  | 0.6  | 0.7  | 4.4  | 6.5  | 4.4  | 4.0  | 4.2   |
|      | 0.85 | 0.93 | 1.69 | 1.71 | 1.84 | 1.06 | 0.63 | 0.64 | 1.33 | 1.53 | 1.20 | 1.13 | 1.21  |
| 50   | 3.2  | 3.3  | 6.4  | 5.8  | 5.7  | 2.9  | 0.8  | 0.9  | 5.2  | 7.4  | 5.2  | 4.7  | 5.0   |
|      | 0.88 | 0.99 | 1.87 | 1.88 | 2.04 | 1.17 | 0.68 | 0.69 | 1.45 | 1.60 | 1.27 | 1.20 | 1.29  |
| 100  | 3.8  | 4.0  | 7.7  | 6.9  | 6.8  | 3.5  | 1.0  | 1.2  | 6.3  | 8.6  | 6.1  | 5.5  | 5.9   |
|      | 0.93 | 1.07 | 2.05 | 2.07 | 2.24 | 1.27 | 0.73 | 0.74 | 1.59 | 1.73 | 1.38 | 1.31 | 1.40  |
| 200  | 4.3  | 4.7  | 9.4  | 8.5  | 8.4  | 4.3  | 1.2  | 1.4  | 7.6  | 9.9  | 7.2  | 6.5  | 7.1   |
|      | 0.92 | 1.04 | 1.96 | 1.98 | 2.14 | 1.22 | 0.70 | 0.72 | 1.53 | 1.69 | 1.34 | 1.26 | 1.37  |
| Frec | 5.7  | 5.5  | 10.6 | 10.6 | 11.1 | 5.4  | 4.1  | 4.2  | 8.0  | 14.0 | 12.8 | 8.2  | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 1.7  | 2.0  | 3.5  | 3.1  | 3.0  | 1.2  | 0.6  | 0.8  | 3.0  | 4.1  | 2.8  | 2.5  | 2.7   |
|      | 0.82 | 0.97 | 1.63 | 1.62 | 1.70 | 0.90 | 0.71 | 0.70 | 1.30 | 1.47 | 1.16 | 1.08 | 1.18  |
| 25   | 2.2  | 2.7  | 4.6  | 4.1  | 4.0  | 1.7  | 0.8  | 1.0  | 4.0  | 5.3  | 3.7  | 3.3  | 3.6   |
|      | 0.83 | 1.01 | 1.73 | 1.72 | 1.80 | 0.95 | 0.75 | 0.73 | 1.37 | 1.51 | 1.20 | 1.12 | 1.22  |
| 50   | 2.7  | 3.3  | 5.6  | 5.0  | 4.9  | 2.1  | 1.0  | 1.3  | 4.8  | 6.3  | 4.4  | 4.0  | 4.3   |
|      | 0.86 | 1.07 | 1.88 | 1.87 | 1.95 | 1.02 | 0.80 | 0.78 | 1.46 | 1.56 | 1.26 | 1.18 | 1.29  |
| 100  | 3.2  | 4.0  | 6.8  | 6.0  | 5.9  | 2.6  | 1.3  | 1.8  | 5.8  | 7.5  | 5.3  | 4.9  | 5.3   |
|      | 0.90 | 1.19 | 2.13 | 2.12 | 2.22 | 1.15 | 0.89 | 0.87 | 1.63 | 1.67 | 1.38 | 1.29 | 1.40  |
| 200  | 3.8  | 4.8  | 8.3  | 7.3  | 7.2  | 3.1  | 1.6  | 2.1  | 7.0  | 8.7  | 6.3  | 5.8  | 6.3   |
|      | 0.91 | 1.16 | 2.06 | 2.05 | 2.14 | 1.12 | 0.87 | 0.85 | 1.59 | 1.69 | 1.37 | 1.28 | 1.40  |
| Frec | 5.6  | 5.8  | 10.9 | 10.6 | 10.7 | 4.9  | 4.1  | 4.6  | 8.6  | 14.1 | 12.2 | 7.8  | 100.0 |

| z   | Clase 0 |     | Clase 1 |     | Clase 2 |     | Clase 3 |     |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| 10  | 5.3     | 307 | 3.7     | 134 | 3.2     | 88  | 2.6     | 42  |
| 25  | 5.8     | 388 | 4.4     | 205 | 4.0     | 150 | 3.4     | 88  |
| 50  | 6.2     | 458 | 5.0     | 267 | 4.6     | 210 | 4.0     | 138 |
| 100 | 6.7     | 585 | 5.9     | 376 | 5.4     | 293 | 4.8     | 202 |
| 200 | 7.3     | 798 | 7.1     | 680 | 6.5     | 523 | 5.7     | 349 |

Zaragoza

41° 40' 14" N    01° 01' 15" W            UTM 30   E 664764 m   N 4615173 m            247 m s.n.m.

El aeropuerto de Zaragoza está situado en el sector abierto NW-SE, orientado al Valle del Ebro, estando el río a 8-9 km en dirección NE. La orilla del río forma un desnivel de 100-m. A unos 15 km hacia el SSW se encuentra un altiplano de 250-350 m de altura (500-600 m e.n.m.). El anemómetro está situado 3 m por encima de la cubierta de un edificio de 20-m de altura.

| Sect | z01  | x1   | z02  | x2   | z03  | x3 | z04 | x4 | z05 | x5 | z06 | Porc | Grad |
|------|------|------|------|------|------|----|-----|----|-----|----|-----|------|------|
| 0    | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     |    |     | -19  | -10  |
| 30   | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     |    |     | -27  | 2    |
| 60   | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     |    |     | -14  | 11   |
| 90   | 0.15 | 750  | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 2    | 8    |
| 120  | 0.05 | 3500 | 0.30 |      |      |    |     |    |     |    |     | 7    | -1   |
| 150  | 0.01 | 750  | 0.05 | 4000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      | -8   |
| 180  | 0.01 | 750  | 0.05 | 4000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -15  | -9   |
| 210  | 0.01 | 750  | 0.05 | 3000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -23  | 1    |
| 240  | 0.01 | 1000 | 0.05 | 2000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | -13  | 10   |
| 270  | 0.01 | 2000 | 0.05 | 4000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     | 2    | 7    |
| 300  | 0.03 | 1500 | 0.13 | 3000 | 0.30 |    |     |    |     |    |     |      | -1   |
| 330  | 0.30 |      |      |      |      |    |     |    |     |    |     | -1   | -10  |

Altura del anemómetro: 23.0 m s.n.s. Período: 72060609-85123121

| Sect  | Frec  | < 1 | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 11  | 13 | 15 | 17 | >17 | A   | k    |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|-----|------|
| 0     | 2.4   | 466 | 112 | 114 | 78  | 64  | 29  | 24  | 20  | 20 | 31  | 19 | 10 | 6  | 8   | 2.4 | 0.76 |
| 30    | 2.0   | 551 | 129 | 166 | 62  | 51  | 14  | 10  | 1   | 0  | 1   | 0  | 2  | 3  | 10  | 1.7 | 0.70 |
| 60    | 3.9   | 328 | 126 | 185 | 174 | 100 | 49  | 26  | 5   | 3  | 3   | 1  | 0  | 1  | 0   | 2.9 | 1.53 |
| 90    | 10.4  | 150 | 115 | 194 | 177 | 158 | 92  | 63  | 27  | 12 | 9   | 1  | 0  | 0  | 0   | 3.9 | 1.88 |
| 120   | 8.8   | 155 | 120 | 187 | 161 | 120 | 92  | 76  | 40  | 19 | 20  | 5  | 1  | 1  | 1   | 4.1 | 1.50 |
| 150   | 2.8   | 453 | 147 | 170 | 90  | 57  | 33  | 23  | 10  | 9  | 8   | 1  | 0  | 0  | 0   | 2.2 | 1.11 |
| 180   | 2.0   | 583 | 121 | 110 | 77  | 42  | 27  | 22  | 6   | 3  | 8   | 0  | 0  | 1  | 0   | 1.5 | 0.87 |
| 210   | 2.5   | 483 | 90  | 113 | 84  | 58  | 51  | 43  | 18  | 22 | 27  | 7  | 1  | 1  | 1   | 2.5 | 0.96 |
| 240   | 5.6   | 225 | 105 | 130 | 102 | 77  | 69  | 69  | 51  | 46 | 79  | 28 | 12 | 5  | 2   | 4.7 | 1.31 |
| 270   | 15.2  | 87  | 54  | 86  | 93  | 107 | 113 | 118 | 102 | 63 | 104 | 45 | 19 | 8  | 1   | 6.8 | 2.00 |
| 300   | 29.5  | 49  | 32  | 69  | 80  | 101 | 90  | 108 | 97  | 82 | 165 | 79 | 35 | 9  | 3   | 7.9 | 2.24 |
| 330   | 14.8  | 89  | 39  | 68  | 69  | 80  | 78  | 85  | 91  | 83 | 183 | 86 | 38 | 8  | 3   | 8.1 | 2.29 |
| Total | 100.0 | 154 | 71  | 111 | 102 | 100 | 83  | 84  | 68  | 53 | 101 | 46 | 20 | 6  | 2   | 6.0 | 1.58 |

| UTC | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dec | Año |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0   | 4.7 | 4.6 | 5.0 | 5.3 | 4.9 | 5.1 | 5.8 | 5.8 | 4.6 | 4.2 | 4.1 | 5.4 | 5.0 |
| 3   | 4.5 | 4.2 | 4.7 | 4.9 | 4.2 | 4.7 | 5.6 | 5.1 | 4.0 | 3.9 | 4.0 | 4.9 | 4.6 |
| 6   | 4.4 | 4.4 | 4.3 | 4.8 | 3.8 | 4.1 | 4.7 | 4.4 | 3.4 | 3.6 | 4.0 | 4.6 | 4.2 |
| 9   | 4.8 | 4.8 | 5.7 | 6.4 | 5.2 | 5.4 | 5.3 | 5.4 | 4.6 | 4.5 | 4.5 | 4.8 | 5.1 |
| 12  | 5.9 | 6.3 | 6.8 | 6.4 | 5.5 | 5.0 | 4.8 | 5.2 | 4.8 | 5.7 | 5.4 | 5.7 | 5.6 |
| 15  | 6.1 | 6.2 | 6.9 | 6.6 | 5.6 | 5.3 | 5.2 | 5.4 | 4.8 | 5.6 | 5.5 | 5.8 | 5.7 |
| 18  | 4.9 | 5.1 | 5.6 | 6.3 | 5.5 | 5.6 | 5.7 | 5.5 | 3.9 | 4.3 | 4.7 | 5.1 | 5.2 |
| 21  | 5.0 | 4.6 | 5.6 | 5.5 | 4.6 | 5.1 | 5.9 | 5.6 | 4.6 | 4.6 | 4.5 | 5.2 | 5.1 |
| Día | 5.0 | 5.0 | 5.6 | 5.8 | 4.9 | 5.0 | 5.4 | 5.3 | 4.3 | 4.6 | 4.7 | 5.2 | 5.1 |

Clase de rugosidad 0

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 12.6 | 8.2  | 6.2  | 6.0  | 5.5  | 4.6  | 3.3  | 4.3  | 8.2  | 8.7  | 10.1 | 11.6 | 8.7   |
|      | 1.94 | 1.12 | 1.43 | 1.95 | 1.81 | 1.54 | 1.20 | 1.00 | 1.61 | 2.10 | 2.31 | 2.28 | 1.60  |
| 25   | 13.7 | 8.9  | 6.7  | 6.6  | 6.0  | 5.0  | 3.6  | 4.8  | 9.0  | 9.6  | 11.0 | 12.6 | 9.5   |
|      | 1.95 | 1.12 | 1.47 | 2.01 | 1.87 | 1.58 | 1.24 | 1.02 | 1.63 | 2.14 | 2.36 | 2.31 | 1.63  |
| 50   | 14.5 | 9.5  | 7.2  | 7.1  | 6.5  | 5.4  | 3.9  | 5.1  | 9.6  | 10.2 | 11.7 | 13.4 | 10.2  |
|      | 1.97 | 1.13 | 1.51 | 2.06 | 1.91 | 1.62 | 1.27 | 1.04 | 1.67 | 2.20 | 2.42 | 2.35 | 1.65  |
| 100  | 15.4 | 10.1 | 7.8  | 7.7  | 7.0  | 5.8  | 4.2  | 5.4  | 10.2 | 11.0 | 12.6 | 14.4 | 10.9  |
|      | 1.98 | 1.13 | 1.47 | 2.00 | 1.85 | 1.58 | 1.23 | 1.02 | 1.65 | 2.15 | 2.38 | 2.34 | 1.65  |
| 200  | 16.4 | 10.7 | 8.4  | 8.5  | 7.7  | 6.4  | 4.6  | 5.8  | 11.0 | 12.0 | 13.6 | 15.4 | 11.8  |
|      | 1.95 | 1.12 | 1.41 | 1.90 | 1.76 | 1.49 | 1.17 | 1.00 | 1.60 | 2.06 | 2.30 | 2.29 | 1.64  |
| Frec | 9.9  | 4.5  | 5.1  | 7.5  | 7.2  | 4.5  | 2.8  | 3.2  | 6.9  | 12.3 | 18.7 | 17.3 | 100.0 |

Clase de rugosidad 1

| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 9.2  | 4.3  | 4.3  | 4.1  | 3.7  | 2.8  | 2.0  | 3.4  | 6.1  | 6.1  | 7.4  | 8.8  | 6.2   |
|      | 1.66 | 0.87 | 1.40 | 1.66 | 1.46 | 1.22 | 0.94 | 0.96 | 1.53 | 1.87 | 2.12 | 2.16 | 1.47  |
| 25   | 10.7 | 5.0  | 5.2  | 4.9  | 4.4  | 3.5  | 2.4  | 4.0  | 7.2  | 7.2  | 8.7  | 10.2 | 7.3   |
|      | 1.68 | 0.88 | 1.51 | 1.79 | 1.57 | 1.31 | 1.01 | 0.99 | 1.59 | 1.99 | 2.21 | 2.21 | 1.52  |
| 50   | 11.9 | 5.5  | 6.1  | 5.7  | 5.2  | 4.1  | 2.9  | 4.6  | 8.1  | 8.3  | 9.9  | 11.4 | 8.3   |
|      | 1.72 | 0.89 | 1.69 | 2.02 | 1.77 | 1.47 | 1.13 | 1.04 | 1.69 | 2.19 | 2.36 | 2.30 | 1.59  |
| 100  | 13.2 | 6.2  | 7.3  | 6.8  | 6.2  | 4.9  | 3.5  | 5.3  | 9.3  | 9.7  | 11.2 | 12.8 | 9.5   |
|      | 1.78 | 0.91 | 1.80 | 2.15 | 1.88 | 1.56 | 1.19 | 1.11 | 1.81 | 2.35 | 2.53 | 2.45 | 1.70  |
| 200  | 14.6 | 6.8  | 9.0  | 8.4  | 7.6  | 6.0  | 4.3  | 6.1  | 10.8 | 11.7 | 13.2 | 14.6 | 11.2  |
|      | 1.78 | 0.92 | 1.72 | 2.05 | 1.79 | 1.49 | 1.14 | 1.08 | 1.76 | 2.25 | 2.45 | 2.40 | 1.73  |
| Frec | 8.0  | 3.7  | 5.9  | 8.0  | 6.8  | 3.7  | 2.6  | 3.5  | 8.1  | 13.6 | 20.3 | 15.7 | 100.0 |

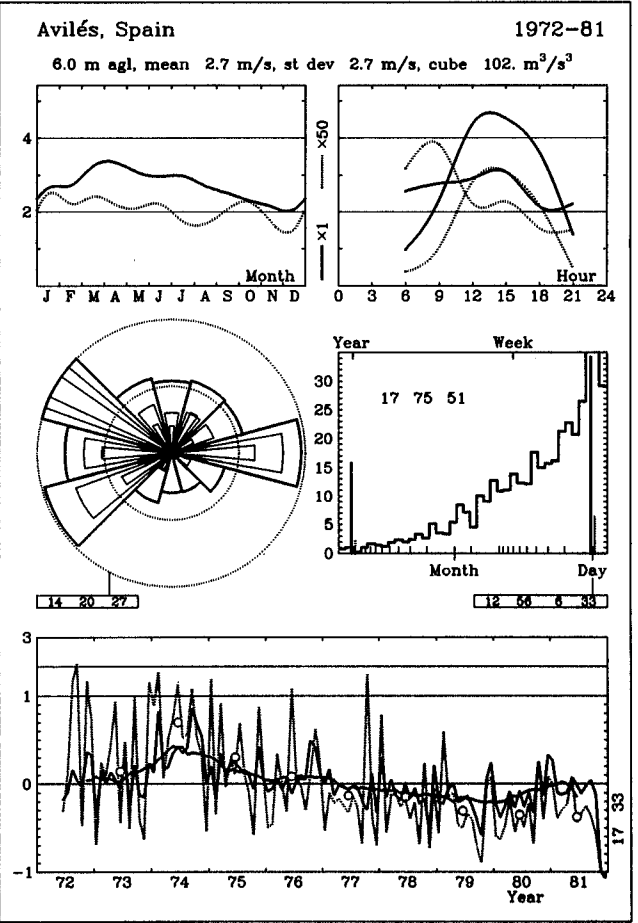
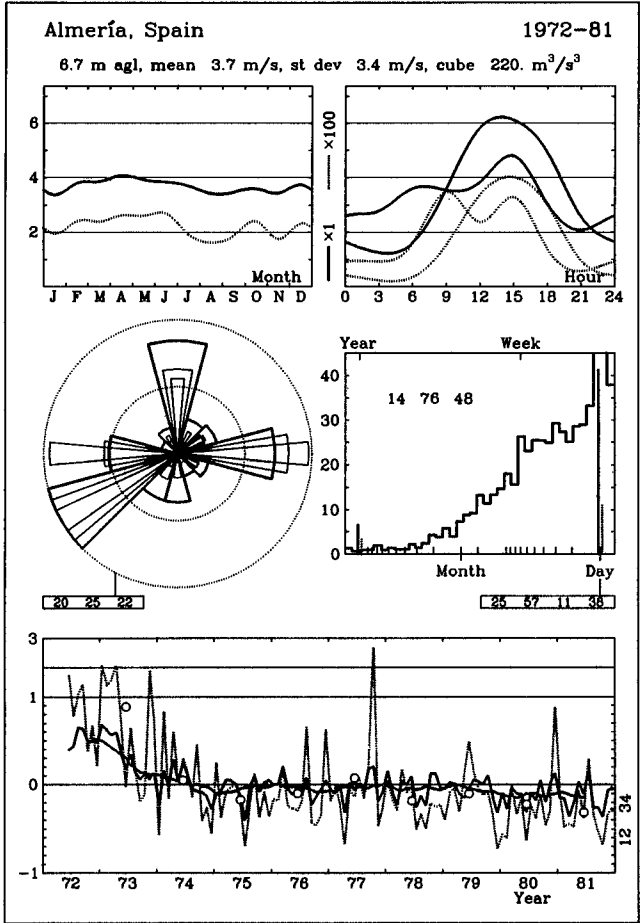
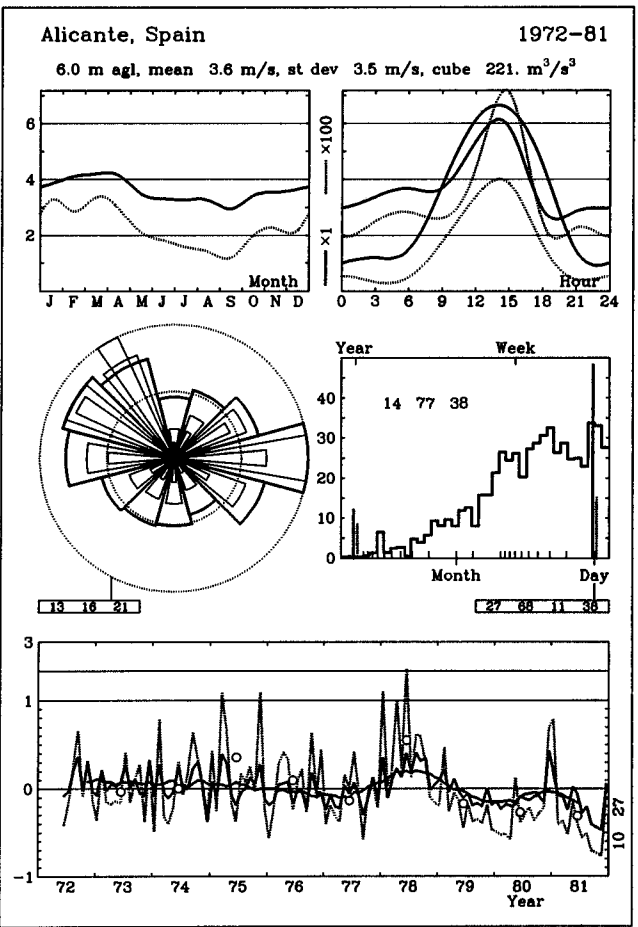
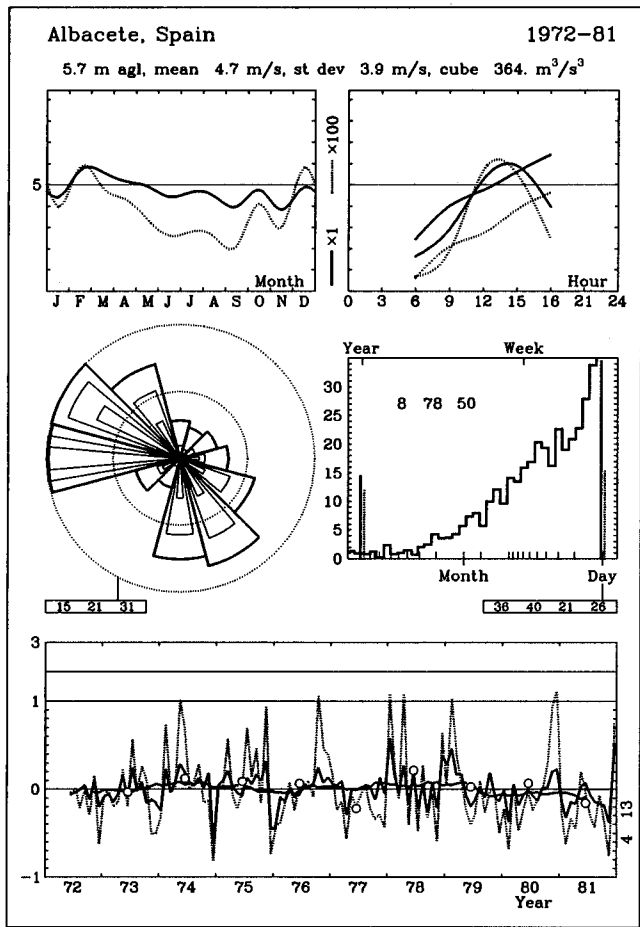
Clase de rugosidad 2

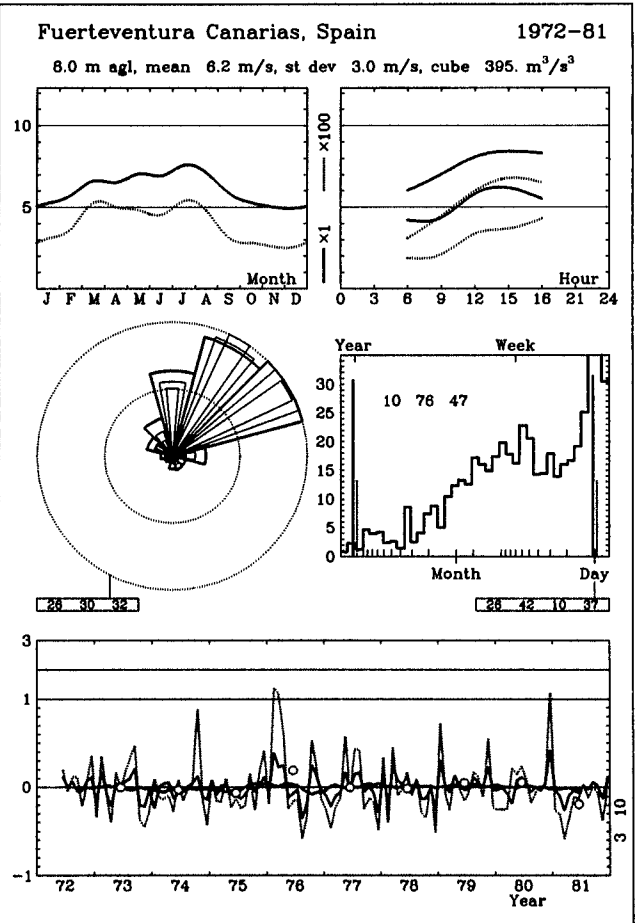
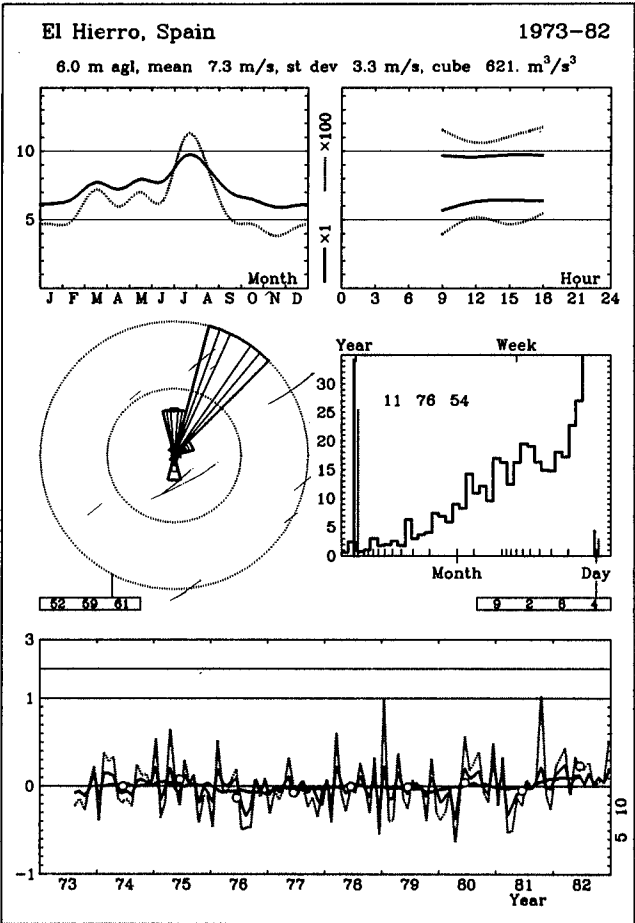
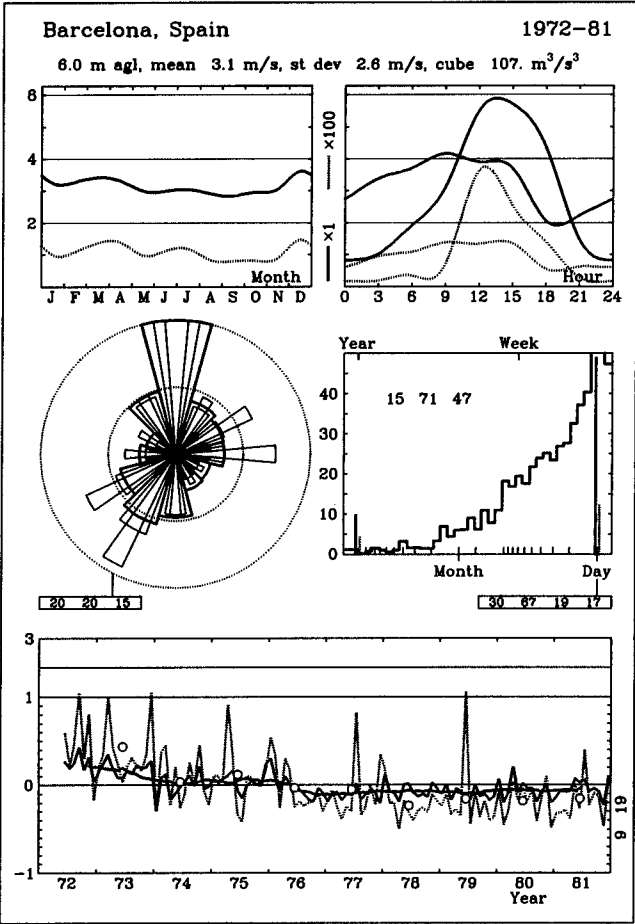
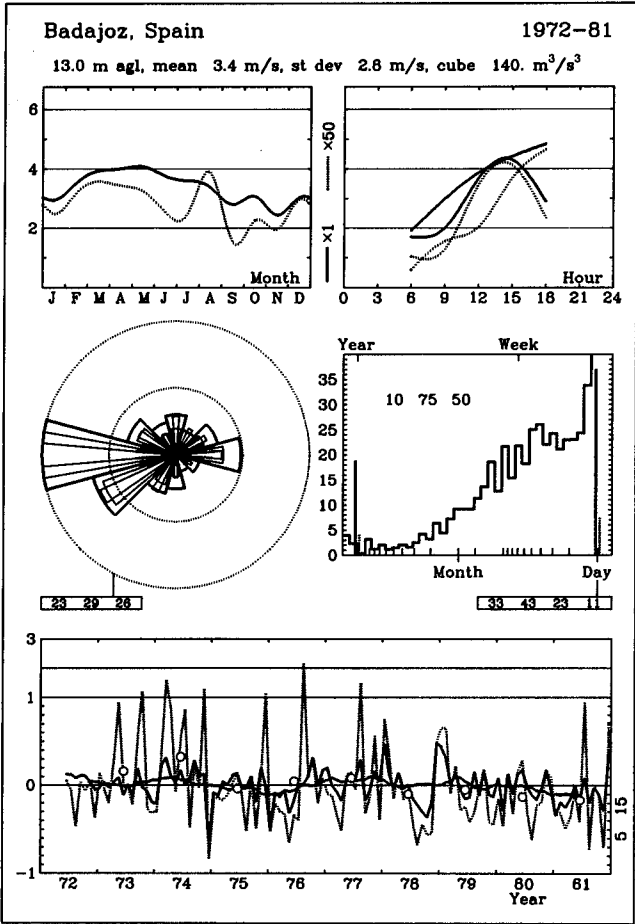
| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 8.0  | 3.2  | 3.8  | 3.5  | 3.2  | 2.4  | 1.6  | 3.0  | 5.3  | 5.3  | 6.5  | 7.8  | 5.4   |
|      | 1.62 | 0.83 | 1.48 | 1.67 | 1.43 | 1.19 | 0.91 | 0.98 | 1.56 | 1.90 | 2.16 | 2.20 | 1.47  |
| 25   | 9.6  | 3.9  | 4.7  | 4.4  | 3.9  | 3.0  | 2.0  | 3.7  | 6.5  | 6.5  | 7.9  | 9.4  | 6.6   |
|      | 1.64 | 0.83 | 1.58 | 1.79 | 1.53 | 1.26 | 0.97 | 1.00 | 1.62 | 2.01 | 2.24 | 2.25 | 1.52  |
| 50   | 10.9 | 4.4  | 5.6  | 5.2  | 4.6  | 3.5  | 2.5  | 4.3  | 7.5  | 7.5  | 9.1  | 10.7 | 7.6   |
|      | 1.66 | 0.84 | 1.75 | 1.98 | 1.69 | 1.39 | 1.06 | 1.04 | 1.70 | 2.18 | 2.36 | 2.33 | 1.58  |
| 100  | 12.3 | 5.0  | 6.7  | 6.2  | 5.6  | 4.3  | 3.1  | 5.1  | 8.7  | 8.9  | 10.5 | 12.1 | 8.8   |
|      | 1.71 | 0.86 | 1.92 | 2.18 | 1.85 | 1.52 | 1.16 | 1.12 | 1.85 | 2.40 | 2.58 | 2.47 | 1.69  |
| 200  | 13.8 | 5.6  | 8.2  | 7.6  | 6.8  | 5.3  | 3.7  | 5.8  | 10.1 | 10.8 | 12.3 | 13.9 | 10.3  |
|      | 1.74 | 0.87 | 1.84 | 2.08 | 1.77 | 1.46 | 1.11 | 1.10 | 1.80 | 2.31 | 2.51 | 2.45 | 1.73  |
| Frec | 7.3  | 3.4  | 6.2  | 8.2  | 6.7  | 3.4  | 2.5  | 3.6  | 8.6  | 14.0 | 20.9 | 15.1 | 100.0 |

Clase de rugosidad 3

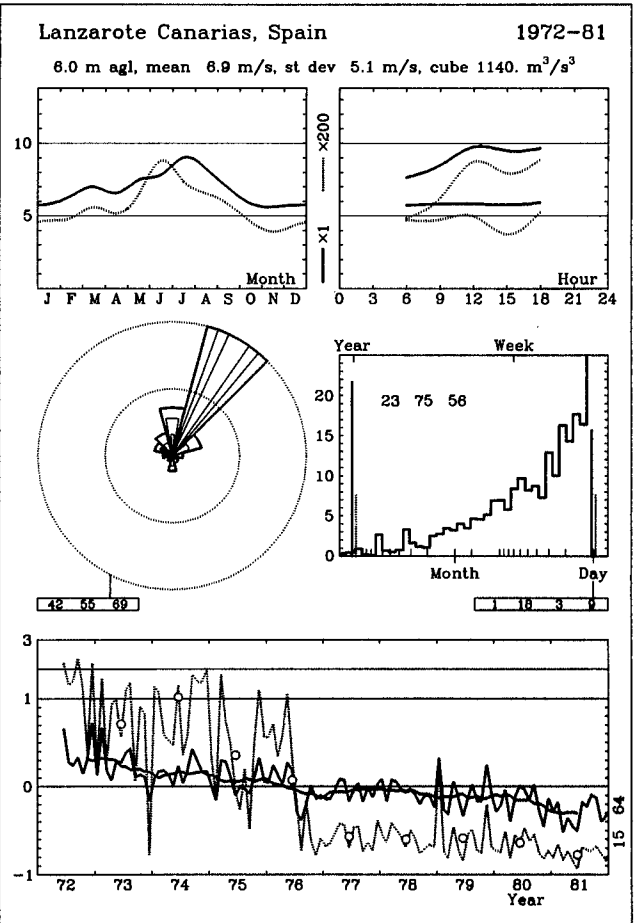
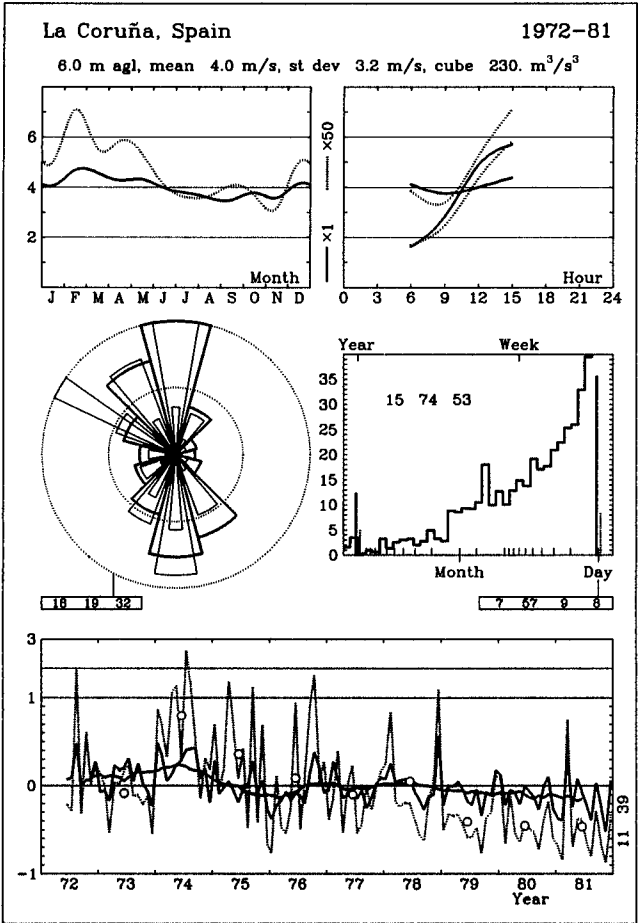
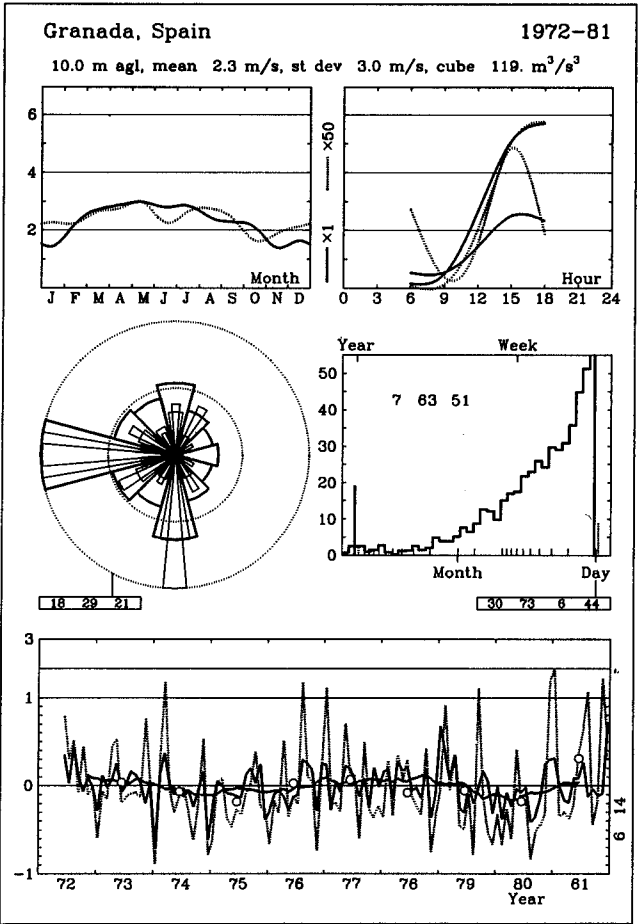
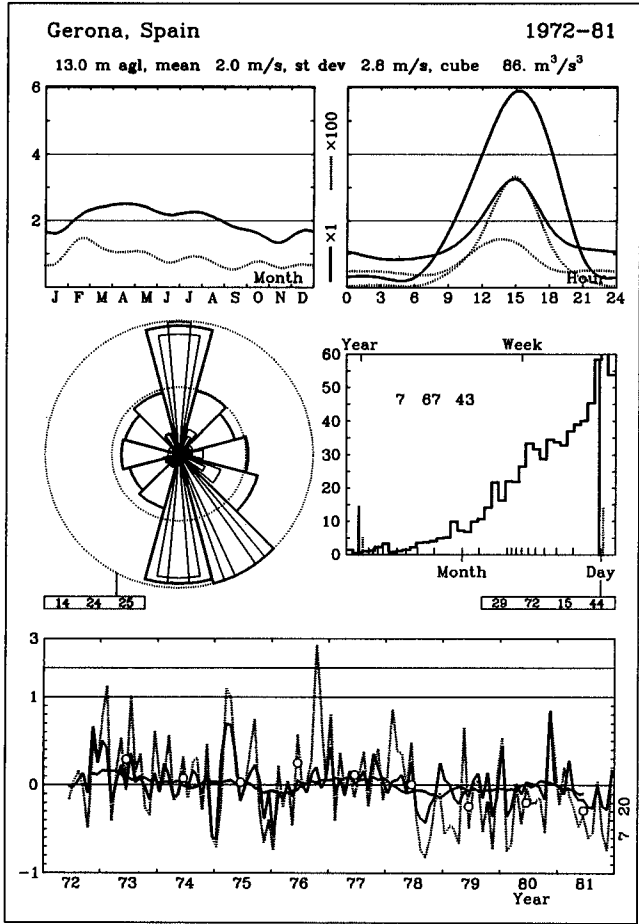
| z    | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 330  | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 10   | 6.2  | 2.3  | 3.0  | 2.8  | 2.5  | 1.8  | 1.3  | 2.7  | 4.2  | 4.2  | 5.2  | 6.2  | 4.2   |
|      | 1.56 | 0.82 | 1.58 | 1.69 | 1.43 | 1.14 | 0.88 | 1.06 | 1.62 | 1.92 | 2.18 | 2.21 | 1.49  |
| 25   | 8.0  | 3.0  | 3.9  | 3.7  | 3.3  | 2.4  | 1.8  | 3.5  | 5.5  | 5.5  | 6.7  | 8.0  | 5.5   |
|      | 1.58 | 0.83 | 1.68 | 1.79 | 1.51 | 1.20 | 0.93 | 1.08 | 1.67 | 2.01 | 2.24 | 2.26 | 1.53  |
| 50   | 9.4  | 3.5  | 4.8  | 4.4  | 4.0  | 2.9  | 2.2  | 4.2  | 6.6  | 6.6  | 8.0  | 9.4  | 6.6   |
|      | 1.60 | 0.84 | 1.82 | 1.94 | 1.64 | 1.30 | 1.00 | 1.12 | 1.74 | 2.15 | 2.35 | 2.31 | 1.58  |
| 100  | 10.9 | 4.1  | 5.8  | 5.4  | 4.8  | 3.6  | 2.8  | 5.0  | 7.8  | 7.9  | 9.4  | 10.9 | 7.8   |
|      | 1.63 | 0.86 | 2.08 | 2.21 | 1.87 | 1.48 | 1.12 | 1.20 | 1.88 | 2.40 | 2.53 | 2.42 | 1.67  |
| 200  | 12.4 | 4.7  | 7.0  | 6.6  | 5.9  | 4.3  | 3.4  | 5.9  | 9.1  | 9.5  | 11.0 | 12.6 | 9.2   |
|      | 1.68 | 0.88 | 2.00 | 2.13 | 1.80 | 1.42 | 1.09 | 1.21 | 1.89 | 2.35 | 2.54 | 2.47 | 1.72  |
| Frec | 6.8  | 3.4  | 6.6  | 8.1  | 6.2  | 3.2  | 2.5  | 4.1  | 9.4  | 14.4 | 20.6 | 14.5 | 100.0 |

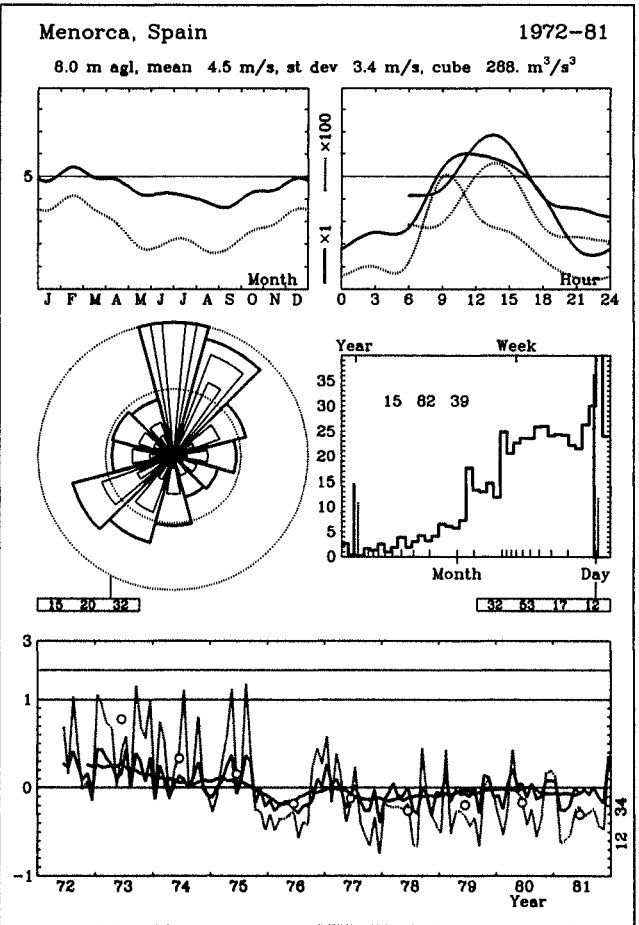
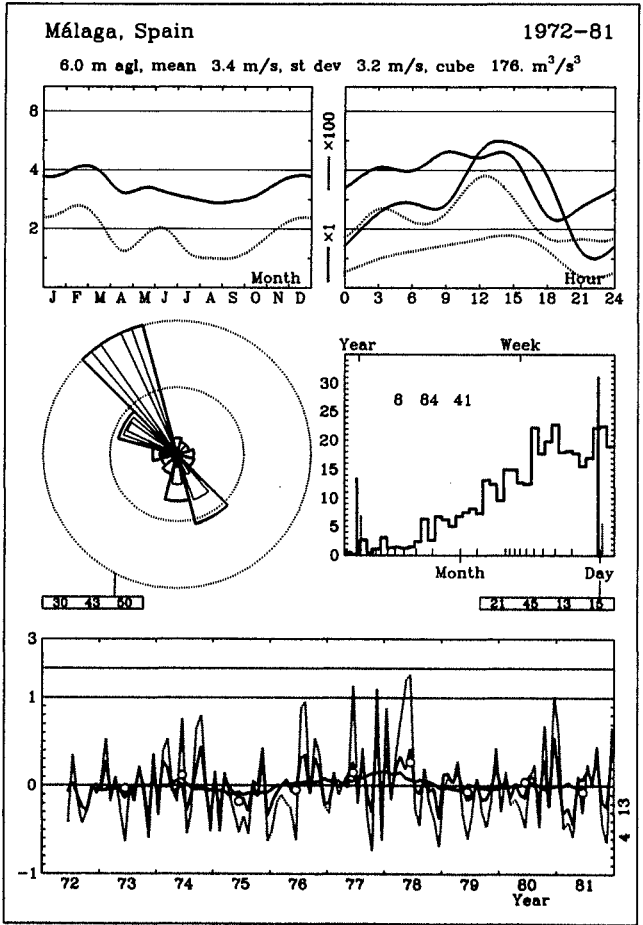
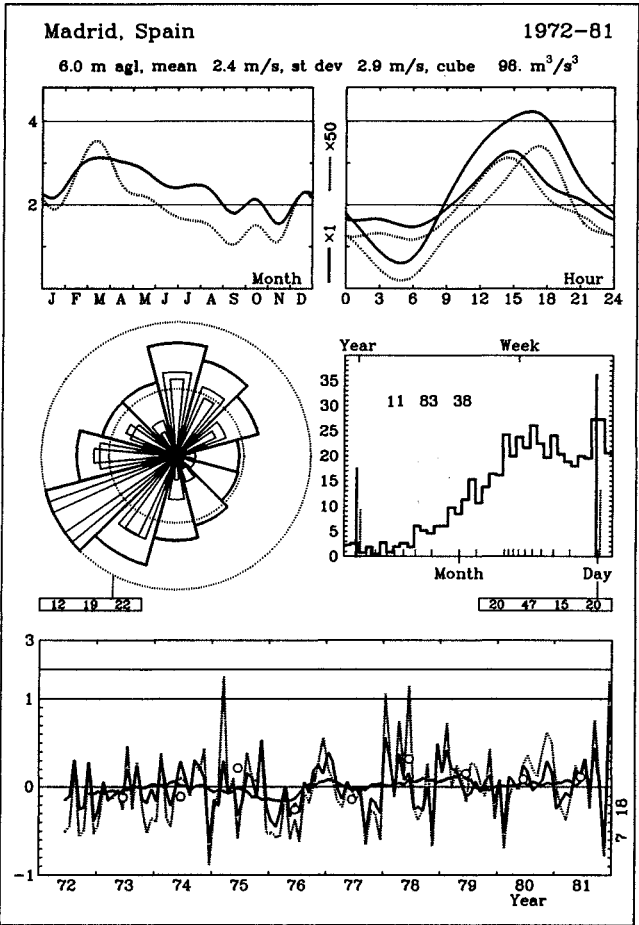
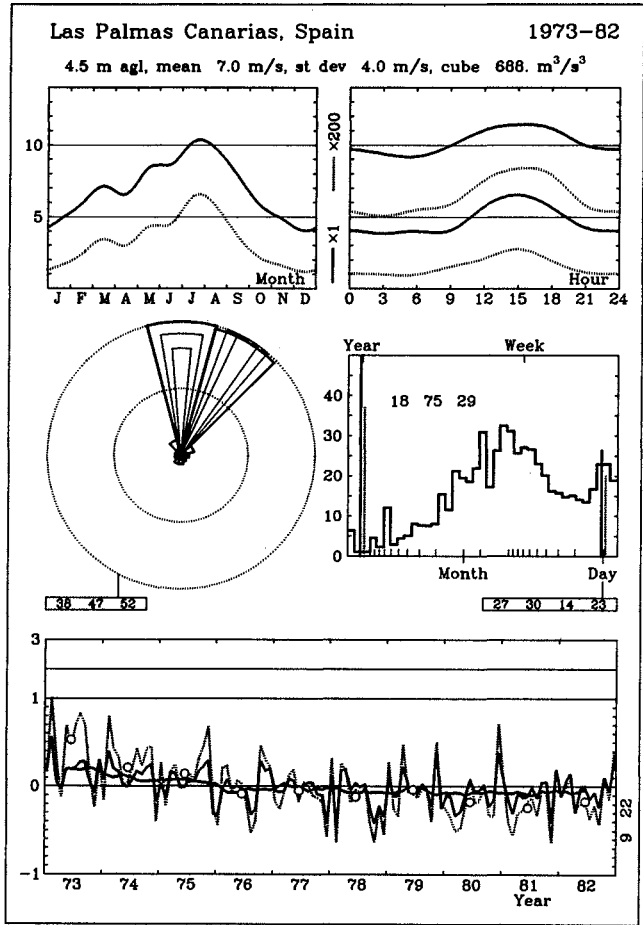
| z   | Clase 0 |      | Clase 1 |      | Clase 2 |      | Clase 3 |     |
|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|-----|
| 10  | 7.8     | 725  | 5.6     | 298  | 4.9     | 195  | 3.8     | 93  |
| 25  | 8.5     | 921  | 6.6     | 462  | 5.9     | 337  | 5.0     | 199 |
| 50  | 9.1     | 1095 | 7.4     | 626  | 6.8     | 483  | 5.9     | 317 |
| 100 | 9.7     | 1345 | 8.5     | 858  | 7.8     | 682  | 7.0     | 481 |
| 200 | 10.5    | 1722 | 10.0    | 1359 | 9.2     | 1078 | 8.2     | 760 |

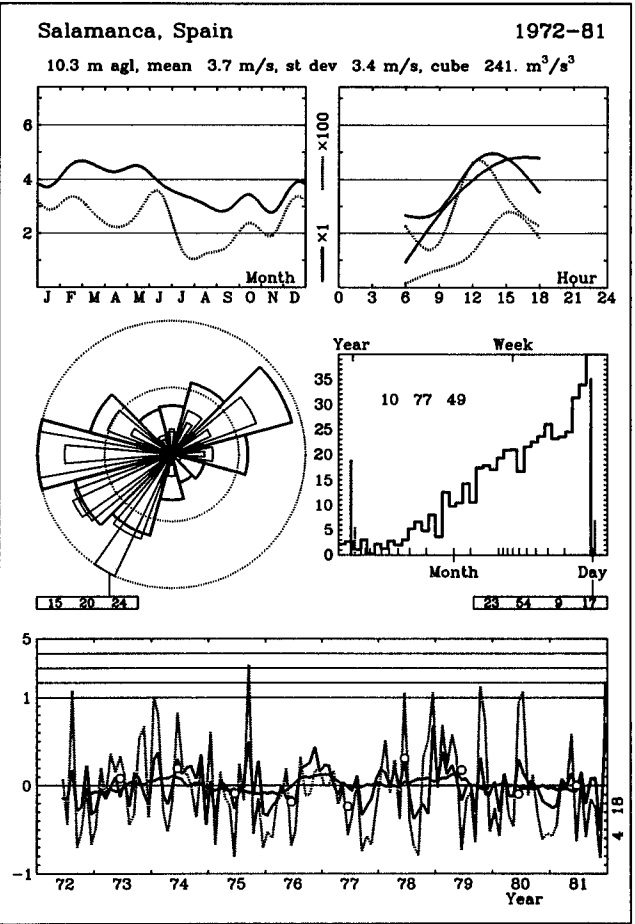
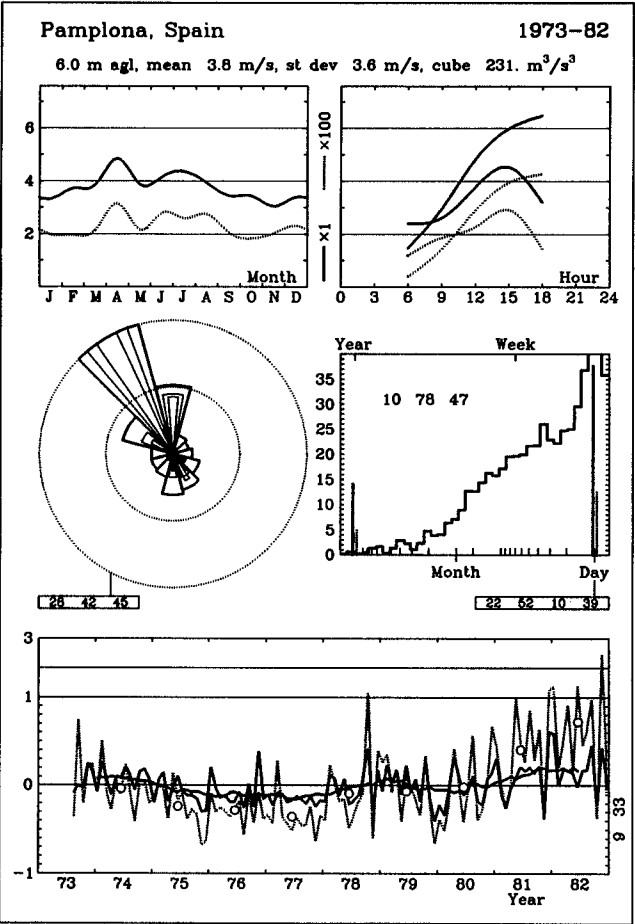
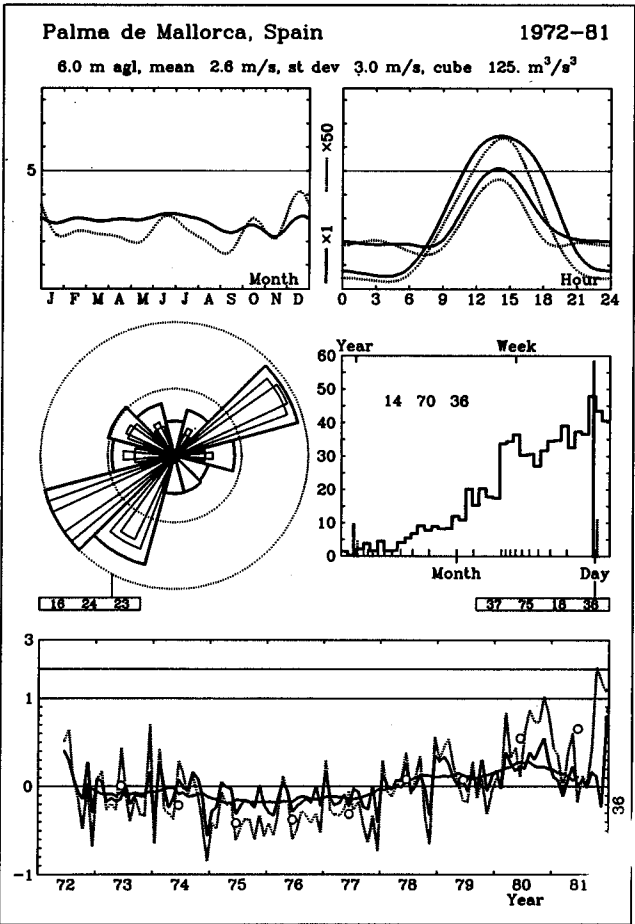
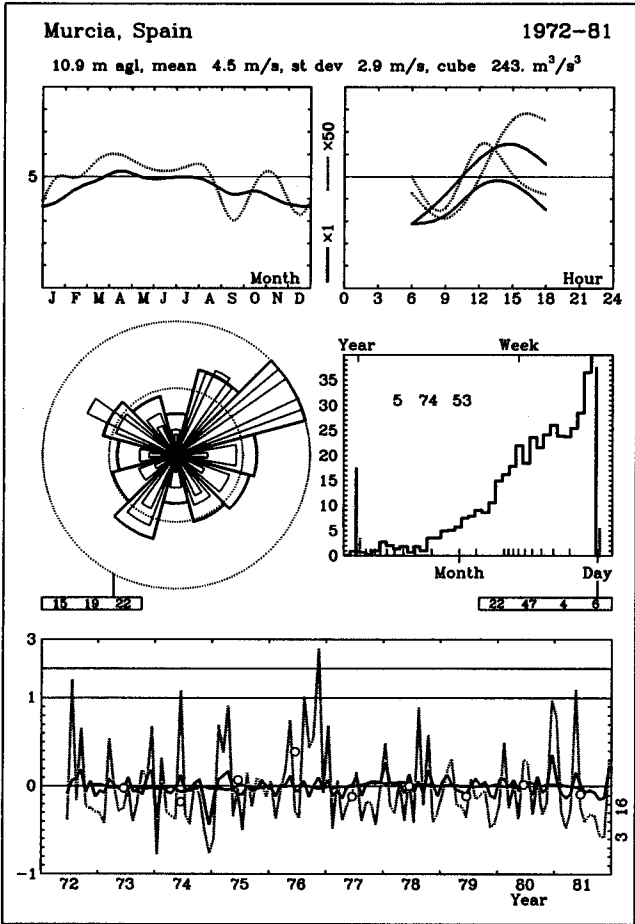


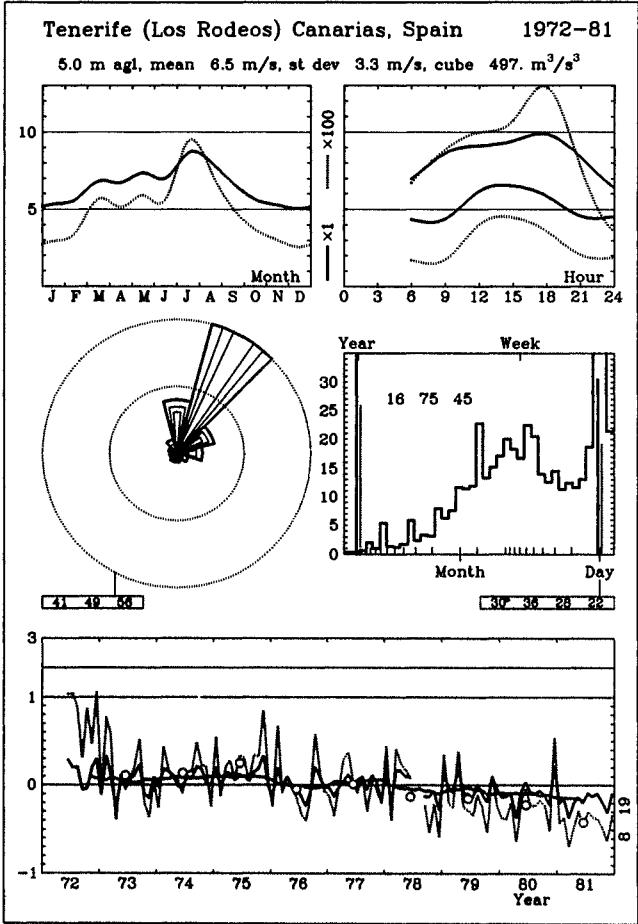
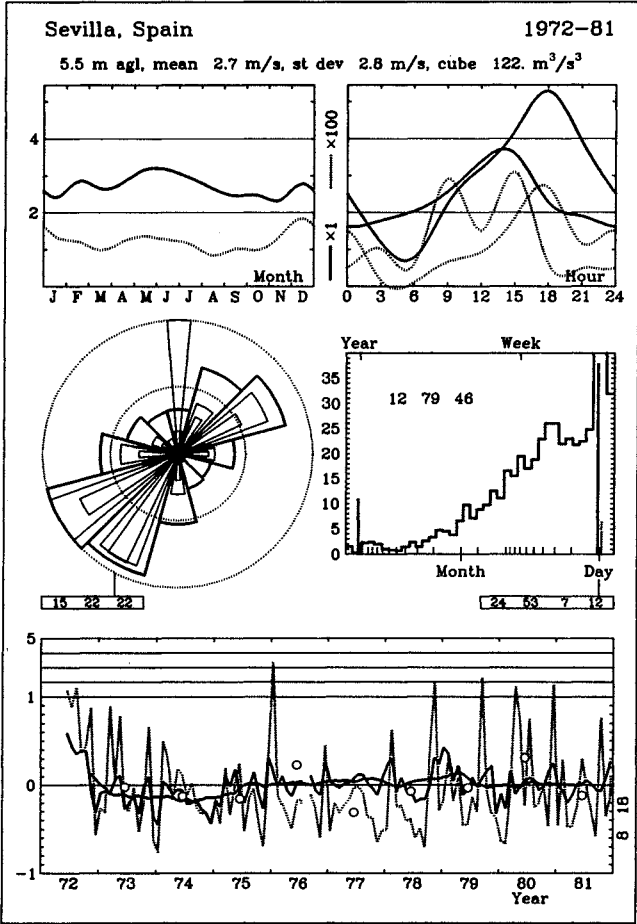
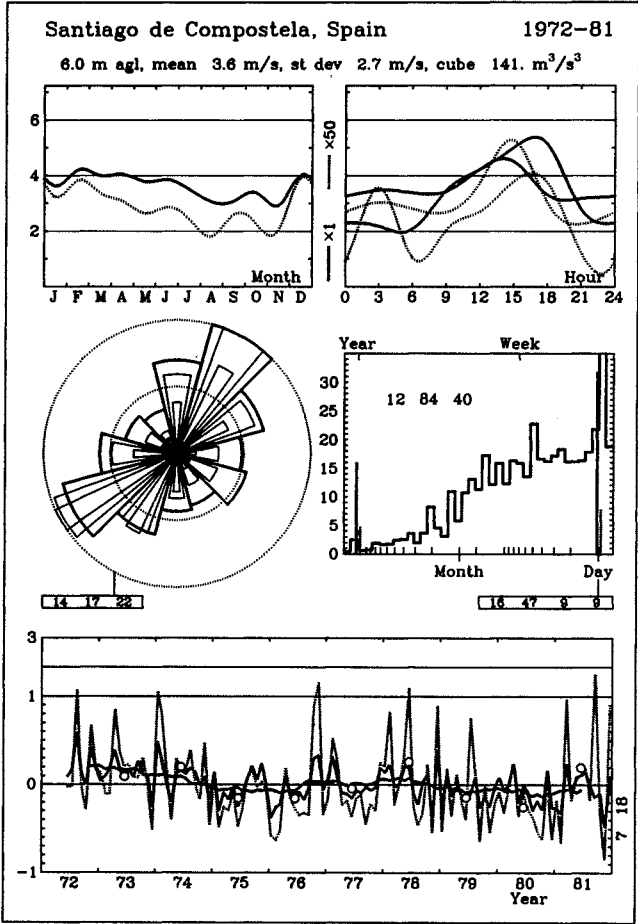


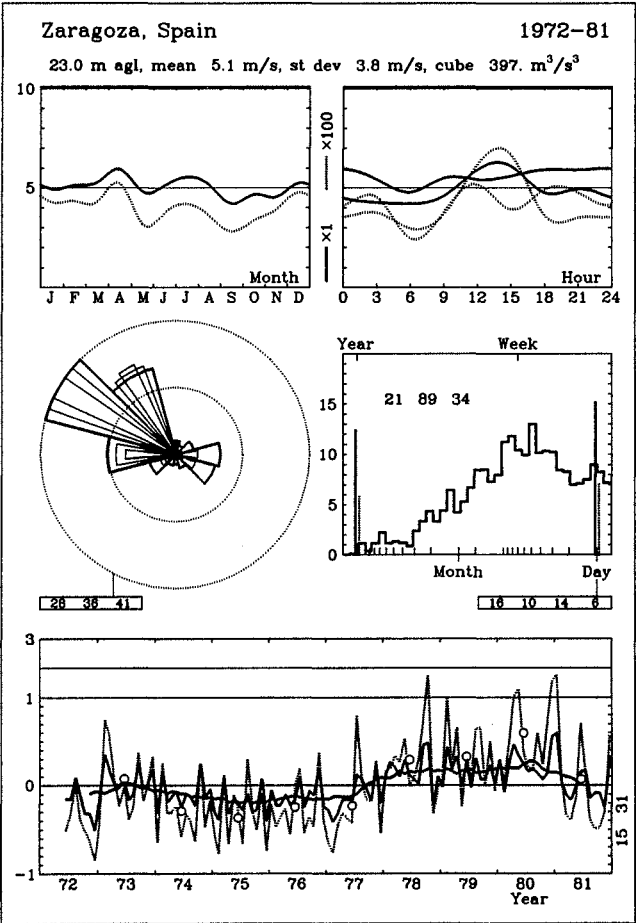
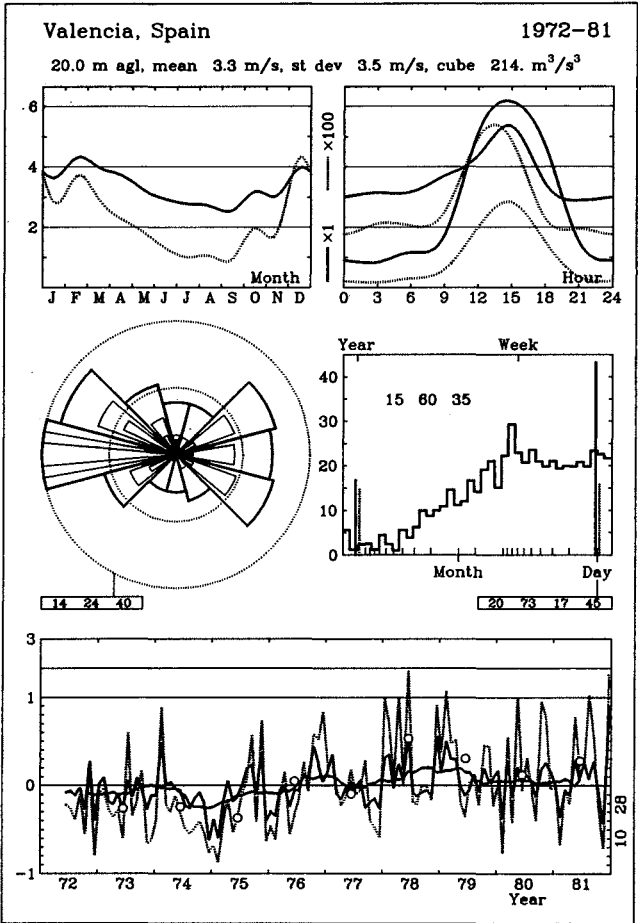
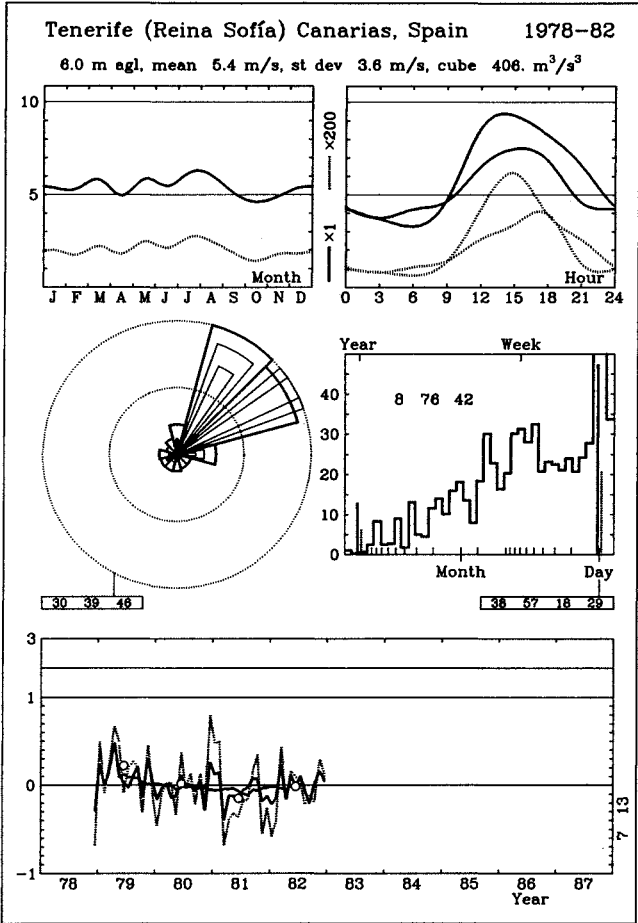












*Tabla 7.3. Estadísticas para las estaciones aéreas analizadas, ver Tabla 7.2. La tabla lista las estadísticas correspondientes a las distribuciones observadas: los parámetros de Weibull  $A$  y  $k$  para la distribución total de la velocidad del viento, el valor medio de la velocidad, el valor cuadrático medio, y el valor medio del cubo de la velocidad. Los subíndices  $d$  y  $e$  se refieren a los valores calculados a partir de la distribución de frecuencias observada y a partir de los parámetros de Weibull, respectivamente.*

|                      | $A$<br>$\text{m s}^{-1}$ | $k$  | $\bar{u}_d$<br>$\text{m s}^{-1}$ | $\bar{u}_e$<br>$\text{m s}^{-1}$ | $\overline{u_d^2}$<br>$\text{m}^2\text{s}^{-2}$ | $\overline{u_e^2}$<br>$\text{m}^2\text{s}^{-2}$ | $\overline{u_d^3}$<br>$\text{m}^3\text{s}^{-3}$ | $\overline{u_e^3}$<br>$\text{m}^3\text{s}^{-3}$ |
|----------------------|--------------------------|------|----------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|
| <b>Bélgica</b>       |                          |      |                                  |                                  |   |   |   |   |
| Ukkel                | 10.9                     | 1.79 | 9.9                              | 9.7                              | 127.0   | 126.4   | 1986  | 1984  |
| <b>Dinamarca</b>     |                          |      |                                  |                                  |   |   |   |   |
| Risø                 | 11.4                     | 1.72 | 10.3                             | 10.2                             | 141.5   | 141.5   | 2402  | 2401  |
| <b>Francia</b>       |                          |      |                                  |                                  |   |   |   |   |
| Ajaccio              | 6.3                      | 1.45 | 6.0                              | 5.7                              | 50.0  | 48.6  | 533   | 533   |
| Bordeaux             | 10.2                     | 1.63 | 9.4                              | 9.1                              | 116.9   | 115.3   | 1820  | 1819  |
| Brest                | 12.4                     | 1.86 | 11.2                             | 11.0                             | 159.7   | 157.9   | 2725  | 2723  |
| Lyon                 | 10.0                     | 1.58 | 9.3                              | 8.9                              | 114.9   | 113.4   | 1806  | 1805  |
| Nancy                | 10.7                     | 1.64 | 9.9                              | 9.5                              | 128.0   | 126.3   | 2075  | 2073  |
| Nantes               | 11.2                     | 1.84 | 10.2                             | 9.9                              | 131.2   | 129.5   | 2036  | 2034  |
| Nîmes                | 10.9                     | 1.69 | 10.0                             | 9.7                              | 131.1   | 128.9   | 2108  | 2107  |
| Toulouse             | 8.9                      | 1.48 | 8.4                              | 8.0                              | 95.9  | 94.7  | 1432  | 1431  |
| Trappes              | 11.6                     | 1.77 | 10.7                             | 10.4                             | 146.2   | 144.1   | 2435  | 2433  |
| <b>Alemania(FRG)</b> |                          |      |                                  |                                  |   |   |   |   |
| Emden                | 11.4                     | 1.82 | 10.1                             | 10.1                             | 136.5   | 136.3   | 2210  | 2208  |
| Essen                | 10.6                     | 1.61 | 9.6                              | 9.5                              | 127.8   | 126.8   | 2114  | 2112  |
| Hannover             | 10.8                     | 1.63 | 9.9                              | 9.7                              | 133.6   | 131.2   | 2207  | 2205  |
| München              | 8.0                      | 1.26 | 7.7                              | 7.5                              | 93.5  | 91.7  | 1526  | 1525  |
| Schleswig            | 11.8                     | 1.77 | 10.5                             | 10.5                             | 146.8   | 146.7   | 2501  | 2499  |
| Stuttgart            | 8.7                      | 1.40 | 8.1                              | 7.9                              | 96.6  | 95.4  | 1498  | 1498  |
| <b>Grecia</b>        |                          |      |                                  |                                  |   |   |   |   |
| Athina               | 9.0                      | 1.65 | 8.4                              | 8.0                              | 91.7  | 89.6  | 1238  | 1237  |
| Heraklion            | 11.6                     | 1.77 | 10.4                             | 10.3                             | 143.8   | 143.7   | 2423  | 2421  |
| <b>Irlanda</b>       |                          |      |                                  |                                  |   |   |   |   |
| Valentia             | 13.6                     | 2.07 | 11.8                             | 12.0                             | 180.5   | 182.1   | 3223  | 3221  |
| <b>Italia</b>        |                          |      |                                  |                                  |   |   |   |   |
| Brindisi             | 9.2                      | 1.58 | 8.4                              | 8.2                              | 96.4  | 95.9  | 1402  | 1401  |
| Cagliari             | 9.4                      | 1.58 | 8.3                              | 8.4                              | 100.7   | 101.2   | 1523  | 1522  |
| Roma                 | 7.5                      | 1.53 | 7.0                              | 6.8                              | 66.9  | 66.4  | 823   | 823   |
| Udine                | 6.2                      | 1.44 | 5.8                              | 5.6                              | 47.3  | 47.7  | 521   | 521   |
| <b>Reino Unido</b>   |                          |      |                                  |                                  |   |   |   |   |
| Aughton              | 12.5                     | 1.79 | 11.1                             | 11.1                             | 164.6   | 165.6   | 2984  | 2982  |
| Camborne             | 12.7                     | 1.87 | 11.2                             | 11.3                             | 164.7   | 166.3   | 2941  | 2939  |
| Crawley              | 12.3                     | 1.78 | 11.0                             | 10.9                             | 160.1   | 160.2   | 2848  | 2846  |
| Hemsby               | 11.9                     | 1.78 | 10.6                             | 10.6                             | 148.4   | 149.2   | 2557  | 2555  |
| Lerwick              | 13.0                     | 1.87 | 11.4                             | 11.5                             | 172.3   | 173.4   | 3131  | 3129  |
| Stornoway            | 13.1                     | 1.81 | 11.6                             | 11.7                             | 179.9   | 180.6   | 3376  | 3373  |



## **Parte III**

# **LOS MODELOS Y EL ANALISIS**





# Capítulo 8

## El modelo del Atlas Eólico

Este Capítulo presenta los modelos físicos y estadísticos utilizados en la elaboración del Atlas Eólico. Además de una descripción de los distintos elementos usados en la modelación física y estadística, se tratan también detalles más prácticos relacionados con el manejo de los datos y con el estudio de las características del entorno del anemómetro. Finalmente, se tratan también incertidumbres y posibles errores en las fuentes de datos y en el modelo mismo.

Distintos tipos de modelos han sido examinados a lo largo del desarrollo del presente modelo. Algunos de ellos fueron utilizados en alguna etapa del desarrollo del modelo del Atlas Eólico, pero se abandonaron posteriormente. Algunos de estos estudios están publicados en otra parte, p.e. Petersen et al. (1984), Petersen y Troen (1986), y Sacré (1987).

### 8.1 La base física

Como ya se menciona en la introducción de este libro, el concepto del Atlas Eólico consiste en el uso de un conjunto de modelos para corregir los datos de viento medidos más un análisis de los datos ya corregidos en términos de sus distribuciones de frecuencia. En principio, la corrección puede realizarse tanto en la base de datos de las series temporales, transformando cada una de las medidas tomadas, como en la distribución de frecuencias mediante la transformación adecuada. En sus inicios, el trabajo del Atlas Eólico se concentró en la transformación de las series temporales. Una transformación de este tipo tiene aplicaciones que van más allá del propósito del Atlas Eólico; un ejemplo de estas aplicaciones es la construcción de series temporales en emplazamientos concretos para su uso en simulaciones, tal y como se describe en Petersen (1986). El modelo que aquí se describe se basa en la transformación de las distribuciones de frecuencia. El paquete integrado de ordenador que en este análisis se utiliza es el *Programa de Análisis y Aplicación del Atlas Eólico* (WASP). Los submodelos se describen a continuación.

## Leyes de semejanza en la capa superficial

La capa de la atmósfera más cercana a la superficie terrestre recibe el nombre de capa fronteriza de la atmósfera. La capa se extiende hacia arriba hasta unos 100 m en noches claras con vientos de poca velocidad y hasta más de 2 km en un muy buen día de verano. La parte más baja de esta capa recibe el nombre de capa superficial, a la cuál se le asigna a veces una dimensión fija, digamos un 10% del grosor total de la capa fronteriza. Para lo que se refiere al tema de la energía eólica, los vientos flojos pueden despreciarse, y con ello sólo nos conciernen situaciones en las que la capa fronteriza se extiende aproximadamente 1 km en la vertical y la capa superficial ocupa sus 100 m más próximos a la superficie terrestre.

Para valores grandes de las velocidades del viento, el perfil vertical del viento por encima de un terreno llano y razonablemente homogéneo se puede modelar usando la ley logarítmica:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0} \quad (8.1)$$

en donde  $u(z)$  es la velocidad del viento a una altura  $z$  por encima del nivel del suelo,  $z_0$  es el parámetro de aspereza superficial,  $\kappa$  es la constante de von Kármán, tomada aquí con valor 0.40, y  $u_*$  es la llamada velocidad de rozamiento relacionada con la tensión superficial  $\tau$  por la definición:

$$|\tau| = \rho u_*^2 \quad (8.2)$$

en donde  $\rho$  es la densidad del aire. En el caso de vientos moderados, el perfil vertical del viento se separa del logarítmico cuando  $z$  es superior a unas pocas decenas de metros. Las desviaciones son debidas a las fuerzas de empuje en la turbulencia dinámica; la rugosidad ya no es, ni mucho menos, la característica más relevante de la superficie sino que hay que añadirle los parámetros necesarios para describir el flujo de calor en superficie. Con el enfriamiento nocturno de la superficie, disminuye la turbulencia y esto provoca que el perfil vertical tenga un crecimiento más rápido con la altura; de la misma forma, el calentamiento diurno aumenta la turbulencia y mantiene más constante el perfil vertical con la altura. Para estos perfiles verticales más generales, se tienen las expresiones:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} [\ln(z/z_0) - \psi(z/L)] \quad (8.3)$$

siendo  $\psi$  una función empírica (Businger, 1973; Dyer, 1974). El nuevo parámetro introducido en esta expresión es la llamada longitud de Monin-Obukhov  $L$ :

$$L = \frac{T_0}{\kappa g} \frac{c_p u_*^3}{H_0} \quad (8.4)$$

en donde  $T_0$  y  $H_0$  son la temperatura absoluta y el flujo de calor en superficie respectivamente,  $c_p$  es el calor específico del aire a presión constante,  $g$  es la aceleración de la gravedad y las magnitudes restantes se definirán seguidamente. La inclusión del efecto del flujo de calor en el presente modelo se describe en la sección 8.2.

## La ley de resistencia aerodinámica geostrófica y el viento geostrófico

Los vientos en la capa fronteriza de la atmósfera puede considerarse que nacen de las diferencias de presión causadas principalmente por actividad “sinóptica”, es decir, el paso de sistemas de alta y baja presión. Debido a que la estructura de la capa fronteriza tiene una respuesta rápida a los cambios de presión, se forma un balance aproximado entre el gradiente de las fuerzas de presión y la fuerza de rozamiento en la superficie terrestre. Este balance puede explicarse teóricamente bajo condiciones ideales estacionarias, homogéneas y barotrópicas (gradiente de presión constante en todo el espesor de la capa fronteriza). Rossby y Montgomery (1935) describieron este balance para una situación de estabilidad neutra. El resultado se suele expresar como una relación – llamada ley de resistencia aerodinámica geostrófica – entre la velocidad de rozamiento en la superficie  $u_*$  y el llamado viento geostrófico  $G$ :

$$G = \frac{u_*}{\kappa} \sqrt{\left( \ln \left( \frac{u_*}{f z_0} \right) - A \right)^2 + B^2} \quad (8.5)$$

$$\sin \alpha = -\frac{B u_*}{\kappa G}$$

en la que  $\alpha$  es el ángulo entre los vientos superficiales y el viento geostrófico,  $f$  es el parámetro de Coriolis y  $A$  y  $B$  son constantes empíricas (aquí  $A = 1.8$ ,  $B = 4.5$ ). El viento geostrófico puede calcularse a partir del gradiente de presión en superficie y tiene frecuentemente un valor muy parecido al de la velocidad del viento observado con radiosondas por encima de la capa fronteriza. La ley de resistencia aerodinámica geostrófica es válida también para estratificación no neutra, si se toma a las constantes  $A$  y  $B$  como funciones del parámetro de estabilidad  $\mu$  definido como:

$$\mu = \frac{\kappa u_*}{f L} \quad (8.6)$$

## 8.2 El modelo para estratificación estable

Las modificaciones que la estabilidad ocasiona en el perfil logarítmico vertical del viento, frecuentemente no se consideran cuando se trata de energía eólica, y eso es debido a la relativa poca importancia que tienen en este campo los valores bajos de la velocidad del viento. El modelo estudia estas modificaciones considerando que son pequeñas perturbaciones alrededor de una estratificación neutra.

Con el fin de evaluar de una forma aproximada los cambios provocados por las variaciones del flujo de calor en superficie sin necesidad de formar para cada caso particular un modelo para el perfil vertical de viento, se ha escogido una fórmula simplificada que sólo requiere, para cada caso, los valores medios del clima y la raíz cuadrática media del flujo de calor en superficie.

El modelo se deduce de la ley de la resistencia aerodinámica geostrófica y del perfil vertical del viento, a base de expresar el estado de estratificación de la atmósfera como una expansión de primer orden de un estado neutro debida al flujo de calor en superficie. La diferencial de la Ec. 8.5 es (manteniendo constantes  $G$ ,  $z_0$  y  $f$ ):

$$dG = 0 = \frac{du_*}{u_*} G - \frac{u_*^2}{\kappa^2 G} \left[ \left( \ln \frac{u_*}{f z_0} - A(\mu) \right) \left( \frac{du_*}{u_*} - \frac{dA}{d\mu} d\mu \right) + B \frac{dB}{d\mu} d\mu \right] \quad (8.7)$$

De las Eqs. 8.5 y 8.4, junto con los valores de los distintos coeficientes en el caso de neutra estratificación

$$\begin{aligned} A(0) &\approx 1.8 & B(0) &\approx 4.5 \\ \frac{dA}{d\mu} &\approx -0.2 & \frac{dB}{d\mu} &\approx +0.2 \end{aligned}$$

y, despreciando los términos pequeños, se encuentra la relación:

$$\frac{du_*}{u_*} \simeq \left[ \frac{cg}{f T_0 c_p \rho G^2} \right] dH \quad (8.8)$$

con la constante  $c \approx 2.5$ . Esta ecuación nos da la desviación del valor neutro de  $u_*$  a partir del valor medio del flujo de calor en superficie  $dH$ , y sirve también para evaluar la raíz cuadrática media de las fluctuaciones de  $u_*$  a partir de la raíz cuadrática media del flujo de calor en superficie para  $dH$ . Se toma para el viento geostrófico  $G$  el valor para el que la distribución frecuencial de la velocidad del viento tiene un máximo de densidad de energía, ver Sección 8.6.

La diferencial del perfil vertical del viento, Ec. 8.3, es:

$$du(z) = \frac{du_*}{\kappa} (\ln(z/z_0) - \psi(z/L)) - \frac{u_*}{\kappa} \frac{d\psi}{dL} \frac{dL}{dH} dH \quad (8.9)$$

Introduciendo, como en el caso anterior, los valores de los coeficientes para condiciones de neutra estratificación, y usando la Ec. 8.8, se obtiene una expresión para una altura  $z_m$  sobre el suelo en donde los efectos de primer orden de las modulaciones del flujo de calor en superficie desaparecen y, a consecuencia de ello, hay un mínimo en la variación de la velocidad del viento. De  $du(z_m) = 0$  resulta, viz.

$$\frac{z_m}{\ln(z_m/z_0)} = \left(\frac{c}{a\kappa}\right) \frac{u_*^3}{fG^2} \quad (8.10)$$

en donde el nuevo valor para la constante  $a$  es la pendiente de la función  $\psi$  respecto al caso neutro, con un valor entre 4 y 5 que depende de si se toma la expresión para estabilidad o inestabilidad. Usando la ley de resistencia aerodinámica neutra simplificada (Jensen et al.,1984):

$$\frac{u_{*0}}{G} = \frac{0.5}{\ln(Ro) - A(0)} \quad (8.11)$$

Una expresión más elegante para la Ec. 8.10 sería:

$$\frac{z_m/z_0}{\ln(z_m/z_0)} \approx \text{constante} \cdot Ro(\ln(Ro) - A(0))^{-3} \quad (8.12)$$

con valor de la constante  $\approx 0.1$  y en donde el número de Rossby en superficie se define como:

$$Ro = \frac{G}{fz_0} \quad (8.13)$$

Finalmente, la ecuación puede aproximarse a una expresión potencial:

$$z_m/z_0 \approx \alpha \cdot Ro^\beta \quad (8.14)$$

con las constantes  $\alpha = 2.0 \cdot 10^{-3}$  y  $\beta = 0.9$ . Es interesante ver que la altura  $z_m$  es esencialmente constante a lo largo de grandes áreas debido a la débil dependencia con  $z_0$  ( $\sim z_0^{0.1}$  potencia), Esto no es cierto en la costa, en donde  $z_m$  en el mar es aproximadamente la mitad que en la tierra.

Los efectos de la estratificación no neutra se modelan a partir de sus efectos en el perfil vertical de los valores medios del viento y en su desviación típica, usando las expresiones anteriormente descritas.

La altura de la mínima desviación  $z_m$  se deduce de la Ec. 8.14. En esta altura, la desviación de la velocidad media con respecto al valor para el caso neutro, se expresa como la suma del efecto causado por el valor medio de las desviaciones del flujo de calor,  $\Delta H_{off}$ , más un término de las variaciones del flujo de calor  $\Delta H_{rms}$ :

$$\frac{\Delta u(z_m)}{u_0(z_m)} = \frac{\Delta u_*}{u_{*0}} - \frac{\psi(z_m/L_{off}) + \psi(z_m/L_{rms})}{\ln(z_m/z_0)} \quad (8.15)$$

en donde  $L_{off}$  es la longitud de Monin-Obukhov correspondiente a  $\Delta H_{off}$  y  $L_{rms}$  corresponde a  $F_{rms}\Delta H_{rms}$ . El factor  $F_{rms}$  es un factor de forma, y su misión es la de compensar el hecho de que, debido a la diferente expresión de la función  $\psi$  para el caso estable e inestable, el promedio es favorable a las altas velocidades del viento a una altura  $z_m$ . Esto puede verse en las fórmulas explícitas que aquí se han usado (Jensen et al., 1984):

$$\psi(z/L) = \begin{cases} (1 - 16\frac{z}{L})^{1/4} - 1 & \text{para condiciones inestables} \\ -4.7\frac{z}{L} & \text{para condiciones estables} \end{cases} \quad (8.16)$$

La más mínima variación con  $z$  del perfil inestable, provoca que la media de la velocidad del viento a la altura  $z_m$  se desplace a la parte inestable, incluso en el caso en el que el valor medio del flujo de calor en superficie es nulo. (Fig. 8.1). El flujo eficaz de calor positivo se asume que se relaciona con el valor de la raíz cuadrática media mediante el factor  $F_{rms}$ . Aquí se toma el valor 0.6.

La variación vertical de la desviación relativa media de la velocidad media  $u$  y la desviación típica  $\sigma_u$  se especifican según la expresión:

$$u(z) = u_0(z) \left( 1 + \frac{\Delta u(z_m)}{u_0(z_m)} (1 - f(z)) + \frac{\Delta u_{*off}}{u_{*0}} \right) \quad (8.17)$$

$$\sigma_u(z) = \sigma_{u0}(z) \left( 1 + \frac{\Delta u_{*off}}{u_{*0}} |f(z)| \right) \quad (8.18)$$

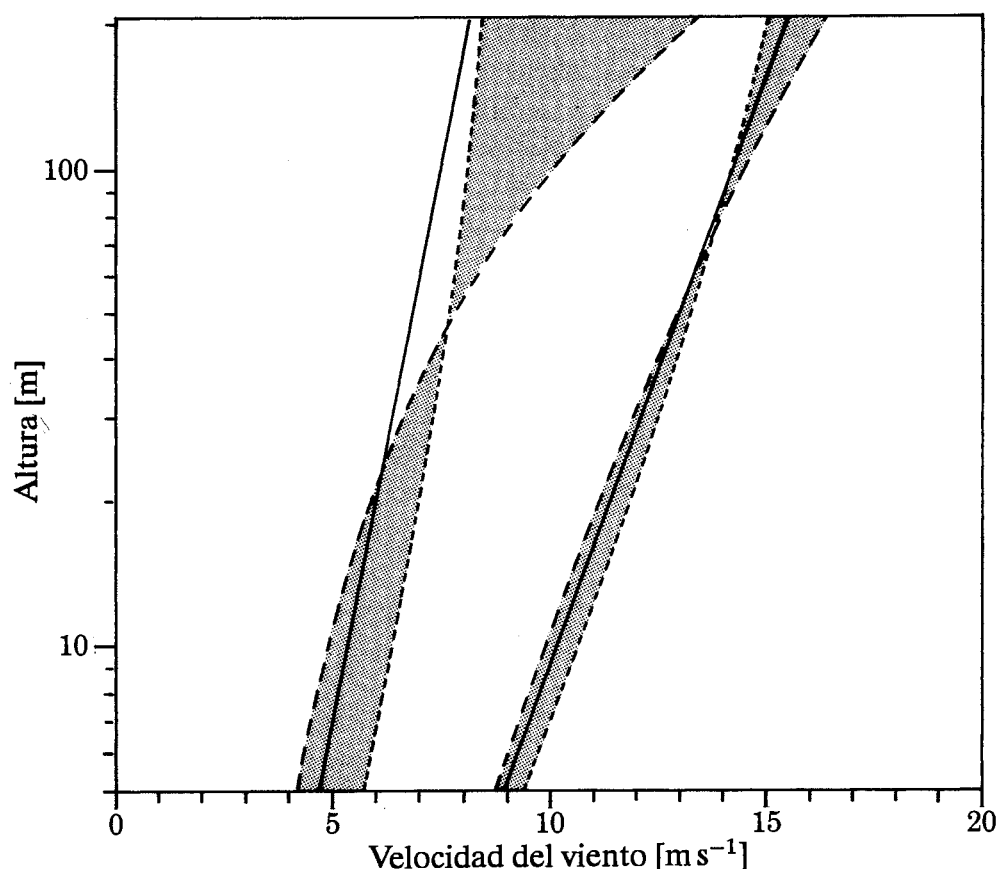
en donde la función  $f(z)$  se deriva de una expansión de primer orden del perfil de  $u(z)$ :

$$f(z) = 1 - \frac{z}{z_m} \frac{\ln(z_m/z_0)}{\ln(z/z_0)} \quad (8.19)$$

Estas expresiones se usan en el análisis para calcular cuán contaminados están los datos iniciales debido a la estabilidad, y poder aplicar así la corrección contaminante necesaria al variar las alturas y las condiciones superficiales. En particular, una serie de medidas provenientes de una estación marítima puede usarse para estimar las condiciones de viento en tierra, siempre y cuando se tengan en cuenta las distintas condiciones de mar y tierra en los parámetros del flujo de calor.

Las áreas costeras se consideran como una zona intermedia entre mar y tierra. Esto se hace conociendo la distancia a la costa según la dirección de donde sopla el viento ( $x$ ) y aplicando las correcciones de estabilidad pertenecientes a mar y tierra, ponderadas por un factor  $w$  definido como:

$$w = \frac{\min(x, c)}{c} \quad (8.20)$$



*Figura 8.1. Características del perfil del viento: la parte izquierda del gráfico muestra una serie de perfiles de velocidad del viento (área sombreada) que corresponden a un valor constante de la velocidad del viento geostrófico de  $10 \text{ m s}^{-1}$  y un rango típico del flujo superficial de calor. La parte de la derecha del gráfico corresponde a  $G = 20 \text{ m s}^{-1}$  para el mismo rango de flujo superficial de calor.*

siendo  $c$  la anchura de la zona costera, que en este modelo se ha tomado  $10 \text{ km}$ . Una información más detallada de la aplicación de este modelo para estratificación estable se da en la Sección 8.7.

### 8.3 El modelo de cambio de rugosidad

El perfil logarítmico vertical de viento sólo es válido cuando el terreno en la dirección de donde sopla el viento es razonablemente homogéneo. Si esto no sucede, se observan desviaciones y no es posible asignar un único valor del parámetro de aspereza al terreno. Incluso en el caso de que se asignen por distintos métodos valores “eficaces” del parámetro de aspereza, estos valores van a depender de la altura de observación. Una excepción a eso es el parámetro de aspereza implícitamente definido en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica.



Los valores medios de la tensión superficial y del viento en superficie dependen de las condiciones de la superficie, pero sólo a una cierta distancia a contra corriente; los obstáculos lejanos se “olvidan”, debido a la tendencia de la capa fronteriza de la atmósfera a encontrar un equilibrio entre las fuerzas del gradiente bórico y de rozamiento. La escala de distancias que puede afectar es proporcional al radio de Rossby  $G/f$  y es del orden de 10-100 km. Aquí se considera que, para evaluar el efecto sobre las funciones de distribución de la frecuencia eólica, distancias límites del orden de 10 km son suficientes. A partir de simples consideraciones en la capa superficial atmosférica y para el caso de pequeñas inhomogeneidades en el terreno, puede modelarse el cambio de tensión superficial cuando el viento sopla desde una superficie caracterizada por un parámetro de aspereza  $z_{01}$  a otra de parámetro  $z_{02}$ . En un caso así, se desarrolla una capa fronteriza interna (IBL) que crece con la corriente desde el cambio de rugosidad; si se considera un punto a una distancia  $x$  según la dirección del viento desde el cambio, la IBL ha crecido hasta una altura  $h$  dada por (Panofsky, 1973):

$$\frac{h}{z'_0} \left( \ln \frac{h}{z'_0} - 1 \right) = \text{constante} \cdot \frac{x}{z'_0} \quad (8.21)$$

$$z'_0 = \max(z_{01}, z_{02})$$

Por encima de esta altura  $h$  no se produce cambio alguno, mientras que por debajo de ella, el perfil ha cambiado. El valor para la constante es 0.9. Se ha comprobado empíricamente que el cambio de la velocidad de rozamiento en superficie queda bien definido por la expresión que sigue, la cuál proviene de la intersección de los dos perfiles verticales para el caso de neutra estratificación a la altura  $h$ :

$$\frac{u_{*2}}{u_{*1}} = \frac{\ln(h/z_{01})}{\ln(h/z_{02})} \quad (8.22)$$

en donde  $u_{*2}$  es la velocidad superficial de rozamiento al punto considerado y  $u_{*1}$  es la tensión superficial a contra corriente desde el cambio. El perfil vertical se modifica en la IBL y la velocidad superficial de rozamiento no puede calcularse a partir de velocidades del viento medidas usando el perfil logarítmico. Sin embargo, tanto la experiencia (Sempreviva et al., 1989) como resultados de modelos numéricos (Rao et al., 1974), muestran que el perfil vertical puede modelarse por tres partes logarítmicas:

$$u(z) = \begin{cases} u' \frac{\ln(z/z_{01})}{\ln(c_1 h/z_{01})} & \text{para } z \geq c_1 h \\ u'' + (u' - u'') \frac{\ln(z/c_2 h)}{\ln(c_1/c_2)} & \text{para } c_2 h \leq z \leq c_1 h \\ u'' \frac{\ln(z/z_{02})}{\ln(c_2 h/z_{02})} & \text{para } z \leq c_2 h \end{cases} \quad (8.23)$$

en donde  $u' = (u_{*1}/\kappa) \ln(c_1 h/z_{01})$ ,  $u'' = (u_{*2}/\kappa) \ln(c_2 h/z_{02})$  y  $c_1 = 0.3$ ,  $c_2 = 0.09$ . Con esta ecuación y con la ayuda de la Ec. 8.22, la velocidad de rozamiento super-

ficial  $u_{*2}$  correspondiente a una medida de velocidad de viento dada, puede relacionarse con la velocidad de rozamiento a contra corriente de un cambio de rugosidad superficial. Para más cambios de rugosidad, puede aplicarse sucesivamente la Ec. 8.22, y puede así calcularse la velocidad de rozamiento superficial, a cualquier distancia a contra corriente. Sin embargo, los sucesivos cambios no pueden estar muy cerca los unos de los otros y por lo tanto, se aplica la siguiente norma. Si  $x_n$  es la distancia al  $n$ ésimo cambio de rugosidad superficial, entonces, la rugosidad corriente arriba debe calcularse como una media cubriendo una área desde la distancia  $x_n$  hasta  $2x_n$  en el sector de azimut considerado. El factor 2 es arbitrario, y hay que cambiarlo en los casos en que exista una clara frontera de rugosidad, por ejemplo, en una línea de costa.

A medida que nos alejamos a contra corriente, el modelo descrito para el cambio de rugosidad dará valores erróneos, y eso es debido a que no se ha tenido en cuenta la tendencia, ya mencionada, de la capa fronteriza atmosférica hacia un estado de equilibrio. Como en el caso de la corrección para la estratificación estable, se considera que estas diferencias son pequeñas perturbaciones y se construye un modelo simple considerando el comportamiento asintótico: Las condiciones superficiales a grandes distancias a contra corriente, deben perder importancia a medida que  $x/D$  crece, en donde  $D$  es la distancia escogida para el equilibrio (en este caso 10 km) y también, las relaciones precedentes en la capa superficial atmosférica deben ser válidas para  $x \ll D$ . Este comportamiento se obtiene ponderando los cambios de rugosidad por un factor  $W_n$ :

$$W_n = \exp\left(-\frac{x_n}{D}\right) \quad (8.24)$$

En vez de considerar un cambio desde  $z_{0n}$  a  $z_{0n+1}$  a una distancia  $x_n$ , el valor  $\ln(z_{0n}) + W_n \ln(z_{0n+1}/z_{0n})$  sustituye al de  $\ln(z_{0n+1})$ . Aplicando esta ponderación sucesivamente, se obtiene un valor para la velocidad superficial de rozamiento a gran distancia en la dirección de donde sopla el viento junto con un valor de la rugosidad de la superficie de equilibrio, a los que puede aplicarse la ley de resistencia aerodinámica geostrofica.

## 8.4 El modelo de resguardo

El rozamiento en la superficie del suelo lo provocan todo tipo de obstáculos aposentados en la superficie, que van desde granos de arena, hierba, hojas, etc... hasta árboles y edificios. Su efecto global se modela a partir del parámetro de aspereza superficial como se vió en el Capítulo 3 y en las secciones anteriores. En la proximidad de un obstáculo concreto, en donde por proximidad se entiende una distancia y una altura comparables a la altura del obstáculo, el perfil del viento se modifica, sobretudo en la estela que sigue la corriente y, entonces hay que tratar al objeto separadamente. En la estela inmediata a un obstáculo abrupto, como una fila de árboles o una casa (a una distancia menor que cinco veces la altura del objeto en la

dirección de la corriente y a una altura menor que el doble de la del objeto) los detalles del objeto tienen una influencia importantísima. Por ejemplo, la estela después de un edificio depende de la geometría de la cubierta y del ángulo de incidencia del viento, por citar dos parámetros. Y además, puede también interferir con estelas provenientes de otros obstáculos vecinos, y eso complica las cosas.

La principal razón por la que se menciona aquí este problema, es que algunas de las series de datos que se usan en este estudio han sido medidas en estaciones meteorológicas en las que el viento llega influenciado por obstáculos cercanos. En cuanto a la utilización del Atlas Eólico para la decisión del emplazamiento de un aerogenerador se refiere, el problema en este caso es generalmente pequeño.

Después de estas aclaraciones, el modelo del resguardo construido para el análisis, debe ser visto como una herramienta de trabajo para corregir las medidas del viento de los obstáculos individuales, lo suficientemente lejanos como para poder considerar que las perturbaciones son pequeñas y evitar complejidades en las estelas cercanas.

Para obstáculos bidimensionales y semiinfinitos tales como largas hileras de árboles, muros o setos, se usan las expresiones dadas por Perera (1981), obtenidas de un estudio en un túnel de viento:

$$\frac{\Delta u}{u} = 9.8 \left( \frac{z_a}{h} \right)^{0.14} \frac{x}{h} (1 - P) \eta \exp(-0.67 \eta^{1.5}) \quad (8.25)$$

donde

$$\eta = \frac{z_a}{h} \left( \frac{0.32}{\ln(h/z_0)} \cdot \frac{x}{h} \right)^{-0.47} \quad (8.26)$$

y

- $P$  = porosidad = área libre/área total
- $h$  = altura del obstáculo
- $z_a$  = altura considerada (anemómetro)
- $x$  = distancia en la dirección de la corriente

Para obstáculos de longitud finita y viento de incidencia oblicua, el efecto resguardante de un obstáculo será, en general, distinto. En el Capítulo 3 se indicaron ya unas líneas generales; no obstante, el modelo realmente utilizado en el análisis es ligeramente más refinado.

Se trazan líneas o rayos con origen en el punto a estudiar y se anotan las distancias a los distintos objetos y la altura de intersección entre estos y las líneas trazadas. Si un único rayo se cruza con varios objetos, en principio se trata a cada uno de ellos como a un obstáculo aislado de longitud semiinfinita. Empezando por el más lejano, se calcula siguiendo la corriente, el efecto protector que cada uno de ellos ejerce. Si los obstáculos están tan cerca entre ellos que las zonas de separación se juntan, el efecto protector en la dirección de la corriente se reduce por el área relativa que, el siguiente obstáculo con el que topa el viento, ocupa de la zona de separación con el obstáculo inmediatamente superado por este.

Se entiende por zona de separación de un obstáculo bidimensional, según la dirección de donde sopla el viento, al área limitada por la recta que va desde la parte superior del obstáculo hasta el suelo a una distancia igual al doble de la altura del objeto. Igualmente, según la dirección hacia donde sopla el viento, a una distancia cinco veces la altura del objeto.

Después de este cálculo del efecto resguardante que la secuencia de obstáculos ejerce en el punto considerado, se calcula el efecto global mezclando el de todos los rayos. Eso se hace para modelar el déficit de mezcla de momento en la cola de la estela. Finalmente, el valor medio de este efecto resguardante se calcula en todo el sector de azimut, sumando el valor obtenido para cada rayo de este mismo sector. En nuestro caso, se han usado ocho rayos para cada sector de 30° de azimut, con una anchura de sector de 12°.

## 8.5 El modelo orográfico

Al igual que los modelos de cambio de rugosidad y de resguardo, el modelo orográfico se usa para corregir los datos del viento de las inhomogeneidades del terreno circundante; en este caso se trata de diferencias en altura del terreno alrededor de las estaciones meteorológicas. Nos interesa, por encima de todo, el efecto producido por las ondulaciones del terreno con escalas horizontales del orden de decenas de kilómetros y, de hecho, éste es el fin por el que se desarrolló el modelo. Tiene un gran parecido con la familia de modelos de MS3DJH basados en el análisis de la corriente a través de colinas, de Jackson y Hunt (1975). Los lectores que quieran familiarizarse con estos modelos deberán consultar los escritos de Walmsley et al.(1982), Troen y de Baas (1987). El modelo es distinto, sin embargo, en unos cuantos aspectos, los más importantes de los cuales son la alta resolución y la representación polar.

La primera fase del modelo es el cálculo de la perturbación de la corriente potencial inducida por el terreno y correspondiente a un vector de viento unitario en la dirección no distorsionada del viento. Esto se enuncia: la perturbación de la velocidad se relaciona con el potencial por:

$$\vec{u} = \nabla \chi \quad (8.27)$$

en donde  $\chi$  es el potencial y  $\vec{u}$  el vector tridimensional de las perturbaciones de la velocidad  $\vec{u} = (u, v, w)$ .

Si se asume que el potencial desaparece para un radio dado  $R$ , una solución general al problema de la corriente potencial en coordenadas polares se puede expresar de la forma:

$$\chi_j = K_{nj} J_n \left( c_j^n \frac{r}{R} \right) \exp(in\phi) \exp \left( -c_j^n \frac{z}{R} \right) \quad (8.28)$$

en donde  $K_{nj}$  son coeficientes arbitrarios,  $J_n$  es la función de Bessel de orden  $n$ ésimo,  $r$  el radio,  $\phi$  azimut,  $z$  altura, y  $c_j^n$  es el  $i$ ésimo cero de  $J_n$ . Para un caso concreto, los coeficientes se determinan mediante las condiciones de contorno, que aquí son las condiciones cinemáticas de contorno en la superficie:

$$w_0 = \left. \frac{\partial \chi}{\partial z} \right|_{z=0} = \vec{u}_0 \cdot \nabla h(r, \phi) \quad (8.29)$$

en donde  $w_0$  es la velocidad vertical inducida por el terreno,  $\vec{u}_0$  el vector velocidad no perturbado y  $h$  la altura del terreno. Las funciones  $J_n(c_j^n \frac{r}{R})$  forman un conjunto ortogonal de funciones radiales (series de Fourier-Bessel) para cada  $n$ , y los términos del azimut  $\exp(in\phi)$  forman a su vez un conjunto ortogonal (series de Fourier). Los coeficientes  $K_{nj}$  pueden, por lo tanto, calcularse independientemente si la parte de la derecha de la Ec. 8.29 se proyecta en el espacio del que estas funciones son base. Los detalles matemáticos de estas transformaciones se describen en Oberhettinger (1973).

La representación polar tiene grandes ventajas si se compara con la cartesiana, usada en los modelos mencionados anteriormente, siempre que se mantengan las ventajas de la descomposición espectral. Haciendo coincidir el centro del modelo con nuestro punto de interés, es posible concentrar ahí la resolución del modelo y también restringir los cálculos de la perturbación en este punto. Para el punto central  $r = 0$ , se encuentra la solución siguiente:

$$\nabla \chi_j = \frac{1}{2}(1, i) K_{1j} \frac{c_j^1}{R} \exp\left(-c_j^1 \frac{z}{R}\right) \quad (8.30)$$

Así pues, el resultado final de la primera fase de este modelo es una serie de coeficientes  $K_{1j}$  a partir de los cuáles, la solución a la perturbación de la corriente potencial se da como una suma de términos fijados por la Ec. 8.30. Cada término tiene asociada una escala horizontal  $L_j = R/c_j^1$ , que es también la profundidad característica a la que la perturbación penetra.

La segunda fase del modelo consiste en modificar la solución de la corriente potencial con el fin de adaptarla a los efectos del rozamiento en superficie.

La corriente potencial implica un balance entre la fuerza bórica y la advección de momento en las ecuaciones del momento, con lo que la transferencia de momento debida a la turbulencia desaparece. Cerca del suelo, la transmisión de turbulencia no puede despreciarse. La desviación al comportamiento de corriente potencial se limita a una capa cuyo grosor es del orden  $\ell_j$  con  $\ell_j \ll L_j$ . En el presente modelo, el valor de  $\ell_j$  se deduce siguiendo las teorías de Jensen et al. (1984), en donde:

$$\ell_j = 0.3 \cdot z_{0j} \left( \frac{L_j}{z_{0j}} \right)^{0.67} \quad (8.31)$$

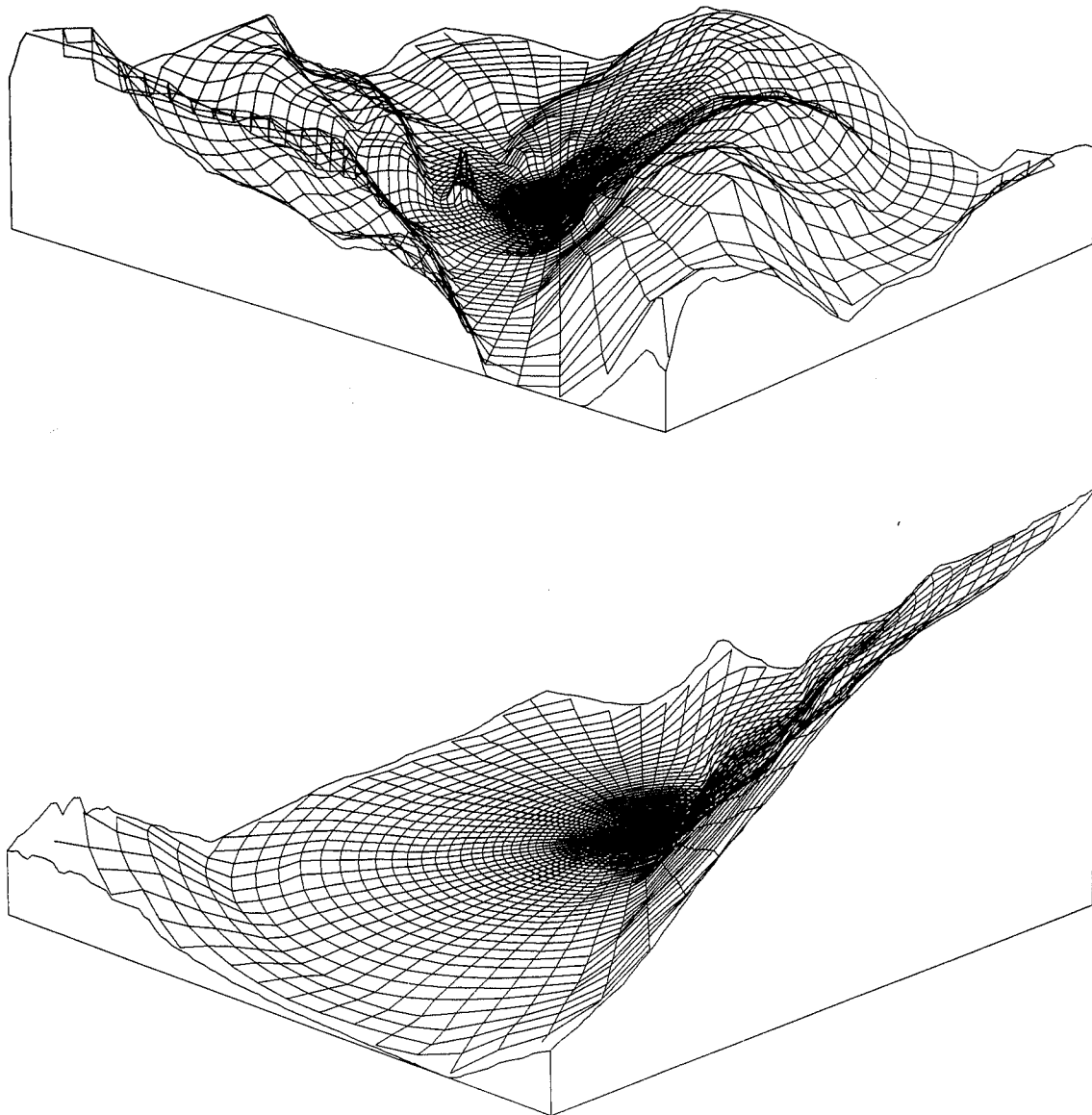
siendo  $z_{0j}$  el parámetro de aspereza superficial en la escala considerada. En el caso de terreno homogéneo,  $z_{0j} = z_0$ . Para terrenos no homogéneos, el parámetro de aspereza superficial se toma como una media exponencialmente ponderada desde  $r = 0$  hasta  $r = 5L_j$  en la dirección a contra viento (ponderando  $\ln(z_0)$ ).

Para alturas mucho más pequeñas que  $\ell_j$ , la transmisión de turbulencia provoca un balance entre la tensión y la cizalladura, llevando a la perturbación de la velocidad a un perfil vertical logarítmico. Para alturas del orden de  $\ell_j$  la perturbación de la corriente tiene un máximo, y es un valor superior al previsto por la corriente potencial. En este modelo, el perfil de la perturbación se modela para cada término en la anterior expansión, asignando una perturbación a la altura  $z$  de magnitud  $\Delta u_j$ :

$$\frac{\Delta \vec{u}_j(z)}{|u_0(z)|} = \frac{|u_0(L_j)|^2}{|u_0(z'_j)|^2} \nabla \chi_j \quad (8.32)$$

en donde  $u_0(z)$  es la velocidad en el estado no perturbado a la altura  $z$  y  $z'_j$  es igual al  $\max(z, \ell_j)$ .

El cálculo de los coeficientes  $K_{1j}$  a partir de su proyección, incluye integraciones numéricas del azimut y el radio. Esto se hace en una red, como se muestra en la Fig. 8.2. El tamaño radial de la red es más pequeño en el centro y aumenta hacia afuera por un factor constante ( $= 1.06$ ) para cada célula de la red. En principio, los datos de entrada son la altura del terreno para cada punto de la red, pero una representación más idónea de la altura del terreno es a partir de las curvas de nivel (líneas de altura constante) como se hace en los mapas topográficos de referencia. Por consiguiente, el modelo se diseñó para aceptar directamente como entrada curvas de nivel arbitrariamente escogidas y juntar en un mismo proceso, la estimación de los valores en los distintos puntos de la red y las integraciones numéricas. La red consiste en 100 estaciones radiales y la resolución que resulta en el centro es de unos 2 m (!) para un modelo con  $R = 10$  km, y aproximadamente 10 m si  $R = 50$  km, etc. La resolución en teoría viene sólo limitada por el detalle y la densidad de los datos del contorno en los mapas topográficos.

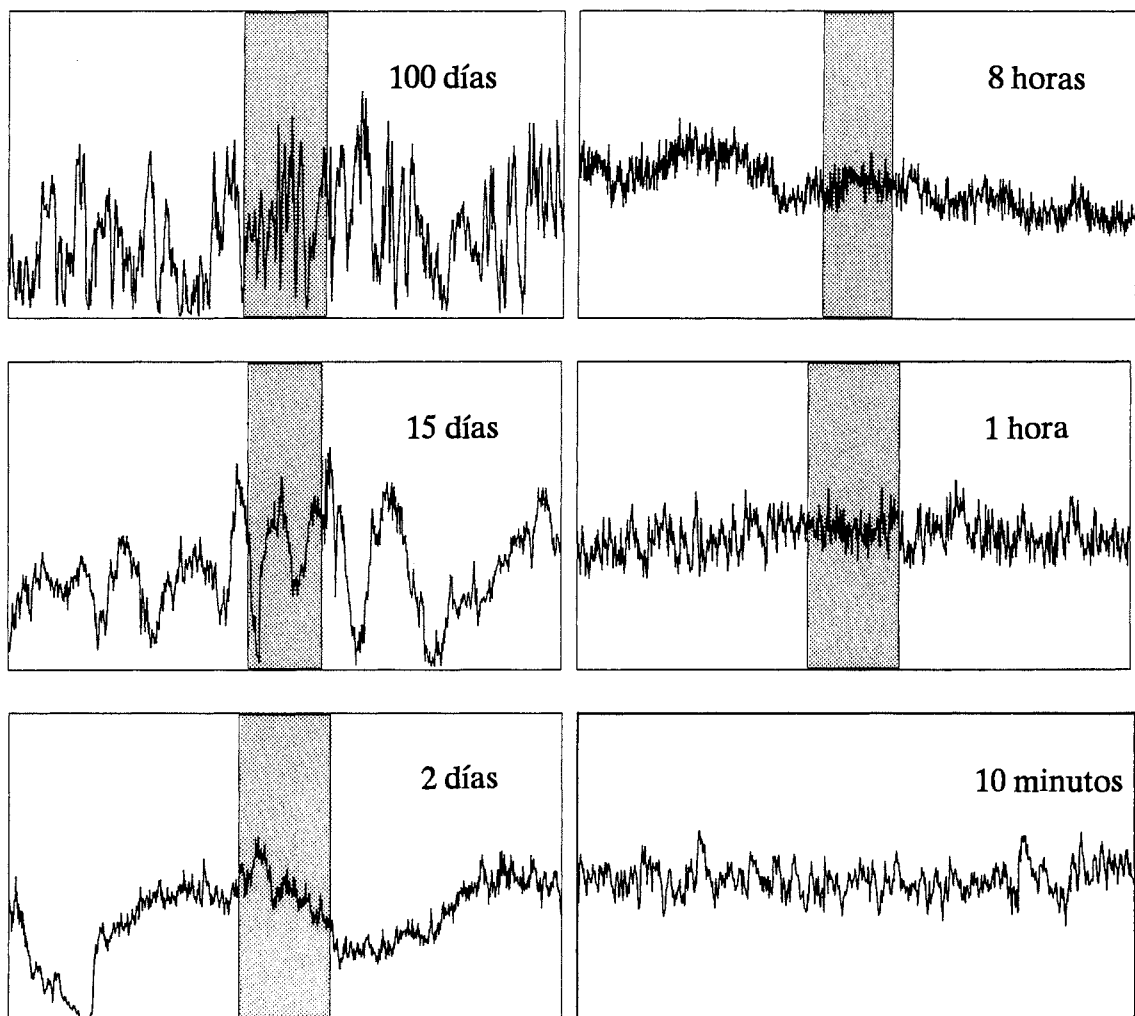


*Figura 8.2. La “zooming” red polar usada en el modelo para el cálculo del flujo en terreno complejo. La figura muestra parte del Great Glenn Valley en Escocia, vista desde un punto encima del Lago Ness. La red se superpone en el terreno y está centrada en la Estación Meteorológica de Fort Augustus. La largada horizontal de la figura superior es de 12 km y en la inferior sólo de 2 km. La escala vertical se ha exagerado por un factor 5.*

## 8.6 La base estadística

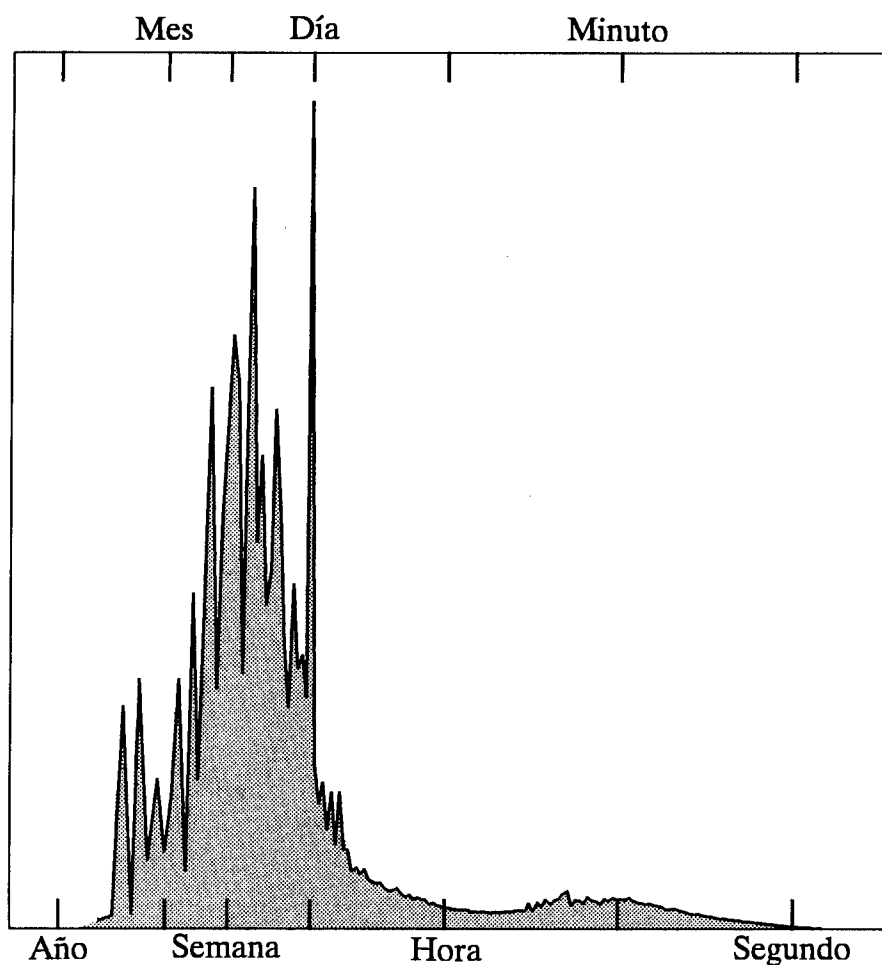
### Conceptos básicos

Tanto la observación como la medida del viento en cualquier lugar muestran que, la velocidad y la dirección del viento varían ambas rápidamente con el tiempo, tal y como puede verse en la Fig. 8.3. La velocidad medida ininterrumpidamente durante 100 días es lo que se muestra en la primera gráfica, seguida de otras gráficas que, secuencialmente, van penetrando en períodos más y más pequeños de la serie. Es fácil ver que la varianza en las series de período largo es mayor que la varianza en las series de período corto. Esta diferenciación de la varianza para distintas escalas temporales puede observarse en la potencia espectral en la Fig. 8.4.



*Figura 8.3. Velocidad del viento medida a 30 m. por encima de un terreno llano y homogéneo en Dinamarca (Courtney, 1988). Cada gráfica muestra la velocidad del viento medida a lo largo del período de tiempo indicado. El número de datos en cada gráfica es de 1200, y cada uno de ellos corresponde a la velocidad promediada a lo largo de un  $1/1200$  del período total. El eje vertical es velocidad del viento,  $0-20 \text{ m s}^{-1}$ .*





*Figura 8.4. Potencia espectral de la velocidad del viento medida ininterrumpidamente por encima de un terreno plano y homogéneo (Courtney, 1988). Los datos fueron recogidos durante un año con una frecuencia de muestreo de 8 Hz. El espectro se representa en una escala logarítmica/lineal, con lo que el área es representativa.*

Los mecanismos causantes de que el viento sople son, contrariamente al viento, de variación muy lenta con el tiempo – de la misma forma que lo hace el tiempo meteorológico. Además del cambio rápido en un punto dado, la velocidad y la dirección del viento cambian de punto a punto en cualquier instante. La causa de estas variaciones en el viento está en la turbulencia de la capa fronteriza de la atmósfera. Para definirlo de forma significativa, una velocidad de viento debe referenciarse a un período de promediado  $T$ . Teóricamente, las medidas deberían estar tomadas con un instrumento de respuesta rápida y, mediante la siguiente integración, buscar el promedio:

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad (8.33)$$

en donde el valor medio de  $u$  se indica con una barra superior (esta notación se usa aquí, sólo en esta sección del Atlas Eólico, para mayor claridad).

En la práctica, debido a los distintos instrumentos y sus distintas maneras de reducir los datos y guardarlos, los períodos de promediado varían desde unos pocos minutos hasta horas. Los datos que se usan en el Atlas Eólico corresponden la mayoría de ellos a períodos de 10 minutos o de 1 hora. Cada observación en estas series de datos, nos da un valor de  $\bar{u}$  y la mayor parte de este libro trata de las estadísticas de estos promedios, principalmente en forma de tablas de frecuencia de aparición y de distribuciones de Weibull, tal y como se expone en la sección siguiente.

Los datos no dan información de las fluctuaciones del viento en períodos más cortos que el de promediado  $T$ . Pero, estas rápidas fluctuaciones turbulentas contribuyen también a la densidad de energía eólica teórica, y por consiguiente tienen que tenerse en cuenta cuando se aplican los datos para estimar el potencial de energía eólica. La densidad de energía eólica disponible a lo largo de un período  $T$  viene dada por:

$$\bar{E} = \overline{\frac{1}{2}\rho u^3} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T \rho u^3(t) dt \quad (8.34)$$

En esta ecuación, puede tomarse la densidad del aire como constante, y esto representa un error de un poco por ciento. Así la Ec. 8.34 se transforma:

$$\bar{E} = \frac{1}{2}\rho \bar{u^3} \quad (8.35)$$

La velocidad instantánea del viento puede escribirse como un valor medio más una desviación a partir de la media:

$$u = \bar{u} + u' \quad (8.36)$$

con lo que, después de ciertos cálculos se obtiene:

$$\begin{aligned} \overline{u'} &= 0 \\ \overline{u'^2} &= \overline{u^2} - \bar{u}^2 \\ \overline{u^3} &= \bar{u}^3 + \overline{u'^3} + 3\overline{u'^2}\bar{u} \end{aligned} \quad (8.37)$$

Denotando al valor de la raíz cuadrática media de las fluctuaciones turbulentas por  $\sigma_u$  y a la intensidad de la turbulencia por  $i$ , se puede escribir:

$$\begin{aligned} \sigma_u^2 &\equiv \overline{u'^2} \\ i &\equiv \frac{\sigma_u}{\bar{u}} \\ \bar{E} &\approx \frac{1}{2}\rho \bar{u}^3(1 + 3i^2) \end{aligned} \quad (8.38)$$

La distribución frecuencial de  $\bar{u}$  determina la de  $\bar{E}$ , excepto por un factor  $3i^2$ . La intensidad de turbulencia depende de las condiciones superficiales y de la altura. En el caso de rugosidad superficial homogénea y condiciones neutras, se encuentra la relación:

$$i = \frac{1}{\ln(z/z_0)} \quad (8.39)$$

El término de corrección en la Ec. 8.38 tiene típicamente un valor de un poco por ciento (6% para  $z = 30$  m y  $z_0 = 0.03$  m).

Es importante remarcar, sin embargo, que este resultado afecta a la densidad de energía en un único punto, y que la extracción de esta energía por un aerogenerador engloba el efecto de todos los vientos que, simultáneamente, inciden en el disco entero del rotor, como se mencionó en la Sección 6.1. Este estudio no incluye una evaluación más detallada del efecto que las fluctuaciones turbulentas producen en la producción de energía de un aerogenerador, así como tampoco se comentarán aspectos más dependientes del diseño de la máquina.

## La distribución de Weibull

Para exponer los datos de viento, se usa la distribución de Weibull (Weibull, 1951) como un método para representar la distribución frecuencial de la velocidad del viento de una forma compacta. La función de densidad de la distribución bi-paramétrica de Weibull se expresa como:

$$f(u) = \frac{k}{A} \left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) \quad (8.40)$$

en donde  $f(u)$  es la frecuencia con que se da la velocidad del viento  $u$  (como en el resto del Atlas Eólico, con la excepción de la anterior sección, no se escribe  $\bar{u}$  explícitamente cuando se trata del valor medio). Los dos parámetros de Weibull ya introducidos, se conocen generalmente como el parámetro de escala  $A$  y el parámetro de forma  $k$ . En la Fig. 8.5 puede observarse como el parámetro de forma influencia en el aspecto de  $f(u)$ . Para  $k > 1$ , el máximo (valor modal) se encuentra para valores de  $u > 0$ , mientras que la función decrece monótonamente para  $0 < k \leq 1$ .

La distribución de Weibull puede degenerar a dos distribuciones especiales, llamadas distribución exponencial cuando  $k = 1$  y distribución de Rayleigh para  $k = 2$ . A menudo, es ésta última la distribución que se usa para representar los datos de viento, debido a la concordancia observada entre ésta y la distribución frecuencial de datos reales de viento; aquí, sin embargo, se usa la distribución de Weibull más general, la biparamétrica. El estudio del valor del parámetro  $k$  en estaciones individuales del Atlas, muestra que, especialmente en países del Norte de Europa, este valor es cercano a 2.0.

La función acumulativa de la distribución de Weibull  $F(u)$  da la probabilidad de que la velocidad del viento sea superior al valor  $u$  y se expresa como:

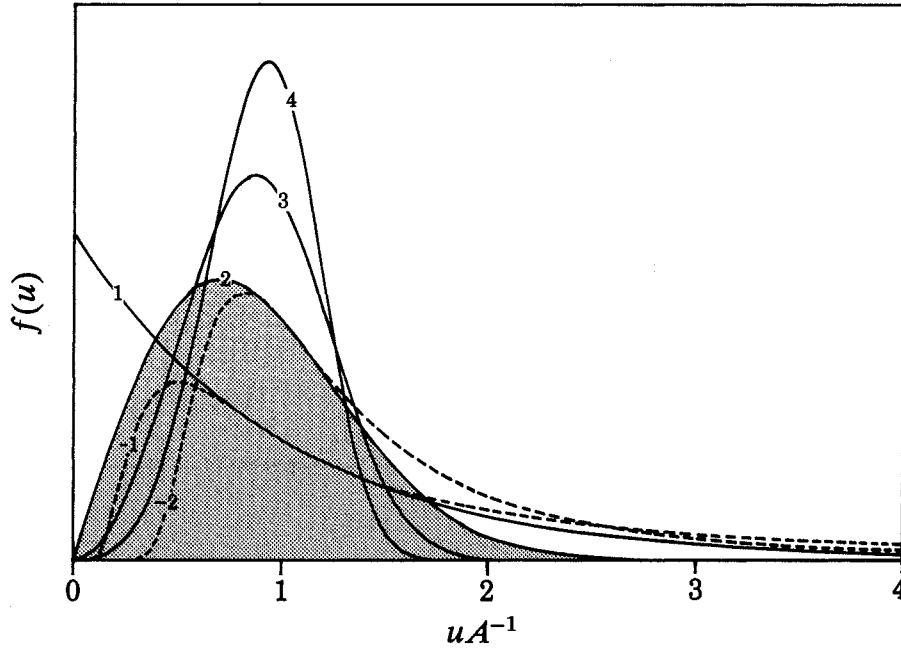


Figura 8.5. Aspecto de la función de densidad de la distribución de Weibull para distintos valores del parámetro de forma  $k$

$$F(u) = \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) \quad (8.41)$$

La distribución de Weibull genera distribuciones de Weibull de potencias superiores: si la distribución de  $u$  sigue la función de Weibull con parámetros  $A$  y  $k$ , entonces  $u^m$  sigue la misma función pero con los parámetros  $A^m$  y  $k/m$ .

Los momentos y otras características importantes de la distribución de Weibull son fáciles de obtener; he aquí una lista de las características más comunes que más tarde se van a utilizar:

$$\text{valor medio: } A\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

$$\text{valor cuadrático medio: } A^2\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right)$$

$$\text{valor cúbico medio: } A^3\Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right)$$

$$\text{valor potencial de orden } m \text{ medio: } A^m\Gamma\left(1 + \frac{m}{k}\right) \quad (8.42)$$

$$\text{varianza: } A^2\left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)\right]$$

$$\text{valor modal: } A\left(\frac{k-1}{k}\right)^{1/k}$$

$$\text{mediana: } A(\ln 2)^{1/k}$$

La densidad de potencia eólica disponible es proporcional al valor cúbico medio de la velocidad del viento:

$$E = \frac{1}{2} \rho A^3 \Gamma \left( 1 + \frac{3}{k} \right) \quad (8.43)$$

en donde  $E$  es la densidad de potencia ( $\text{Wm}^{-2}$ ),  $\rho$  es la densidad del aire ( $\approx 1.2 \text{ kg m}^{-3}$  para una temperatura de  $15^\circ\text{C}$  y una presión de referencia de 1013 mb).

La velocidad del viento a la que la densidad de potencia aprovechable es máxima, viene dada por:

$$u_m = A \left( \frac{k+2}{k} \right)^{1/k} \quad (8.44)$$

Así, para el caso de la distribución de Rayleigh, la velocidad del viento que contiene la mayor cantidad de energía en el promedio es el doble de la velocidad más frecuente (valor modal).

Varios métodos distintos pueden usarse para ajustar los dos parámetros de la distribución de Weibull a un histograma, dando la frecuencia de aparición de la velocidad del viento en un número de intervalos. Si los datos observados están bien representados por la distribución de Weibull a lo largo de todo el rango de velocidades, entonces el proceso de ajuste puede considerarse bueno. Pero, en general, los histogramas observados muestran desviaciones debidas a un gran número de causas, y se tendrá que escoger un proceso de ajuste que se centre en el rango de velocidades más relevantes para la aplicación. Aquí, la importancia está en las velocidades más altas del viento y un método de ajuste de momentos es el que se usa, centrándose en las velocidades más altas pero no en las extremas.

Para cada sector de azimut, los dos parámetros de Weibull se determinan bajo las siguientes condiciones: 1) la energía eólica total en la distribución ajustada de Weibull y en la distribución observada, deben ser iguales, y 2) las frecuencias con que se dan las velocidades del viento superiores a la media observada, son las mismas para las dos distribuciones. La combinación de estas dos condiciones conduce a una ecuación que depende sólo de  $k$ , la cuál se puede resolver con un algoritmo patrón de búsqueda de raíz.

La mayoría de las dificultades en el ajuste de los datos observados se deben a las velocidades muy bajas y a las muy altas. Las velocidades más altas, en la gran mayoría de los casos, son estadísticamente inciertas y se necesitan métodos especiales para poder analizar estos casos extremos de viento (ver Gumbel, 1958). Este análisis no se incluye en el Atlas, y las distribuciones de Weibull que aquí se dan, no deben usarse para estimar frecuencias de aparición inferiores a 0.01.

Para bajas velocidades, las limitaciones de respuesta de los instrumentos, la recogida práctica de datos y su truncación pueden llevar a importantes errores en la frecuen-

cia de aparición. Muchas veces estos errores incrementan de una forma anormal el número de calmas. Para las aplicaciones en el campo de la energía eólica, la forma exacta de la curva de frecuencias para velocidades del viento inferiores a la media poco nos importa, y este método de ajuste ha sido diseñado teniendo esto presente. Tenemos que remarcar que las estaciones meteorológicas con velocidades medias del viento de alrededor de  $\approx 3 \text{ m s}^{-1}$  o menos, situadas en lugares de considerable clima ventoso, pero fuertemente resguardadas, dan un clima eólico regional erróneo debido a estas dificultades. Además, los modelos físicos usados en este análisis son deficientes para velocidades bajas del viento.

El método de ajuste descrito anteriormente se usa para estimar los parámetros de Weibull para cada uno de los sectores de azimut observados y ajustados por sectores a la distribución de frecuencias derivada de (o transformada por) el modelo. Los parámetros que pertenecen a la distribución del viento total asociada o lo que es lo mismo, a la distribución del viento independiente del azimut, se obtienen de la distribución ajustada por sectores a la suma del primer y tercer momento.

## 8.7 El modelo de análisis del Atlas Eólico

El modelo está compuesto de los submodelos descritos en las secciones anteriores. Usando los datos de viento medidos, las descripciones de las rugosidades del terreno local, los obstáculos resguardantes y los datos de altura en la topografía, puede calcularse una climatología eólica regional en forma de parámetros de Weibull pertenecientes a las condiciones de referencia. Las estadísticas del Capítulo 7 presentan, en las hojas de la izquierda los datos de entrada que el modelo requiere y, en las de la derecha, los resultados que se obtienen. Una representación esquemática del modelo de análisis se muestra en Fig. 8.6.

El proceso de cálculo puede resumirse de la siguiente forma: los datos de entrada están en forma de histogramas para cada uno de los doce sectores de azimut, dando las frecuencias de aparición de las velocidades del viento, en intervalos de  $1 \text{ m s}^{-1}$ . Se empieza por calcular, para cada sector de azimut, los factores de corrección independientes de la velocidad del viento. Consideramos tres tipos distintos de factores:

- Los factores de corrección de obstáculo, calculados con el modelo de resguardo, simbolizados aquí por  $C_{obs}^j$  en el sector  $j$ ésimo de azimut.
- Los factores de cambio de rugosidad  $C_{rou}^j$ . El modelo del cambio de rugosidad relaciona la velocidad en la estación con la velocidad del viento anterior a los cambios de rugosidad especificados. Además, el área ponderada con los distintos valores de rugosidad superficiales, da una rugosidad superficial eficaz corriente arriba  $z_{0e}^j$ .
- Los factores de corrección orográficos, calculados a partir del modelo orográfico. El modelo requiere un perfil vertical de vientos con la dirección correspondiente, en el centro de cada sector. Como fue descrito en la

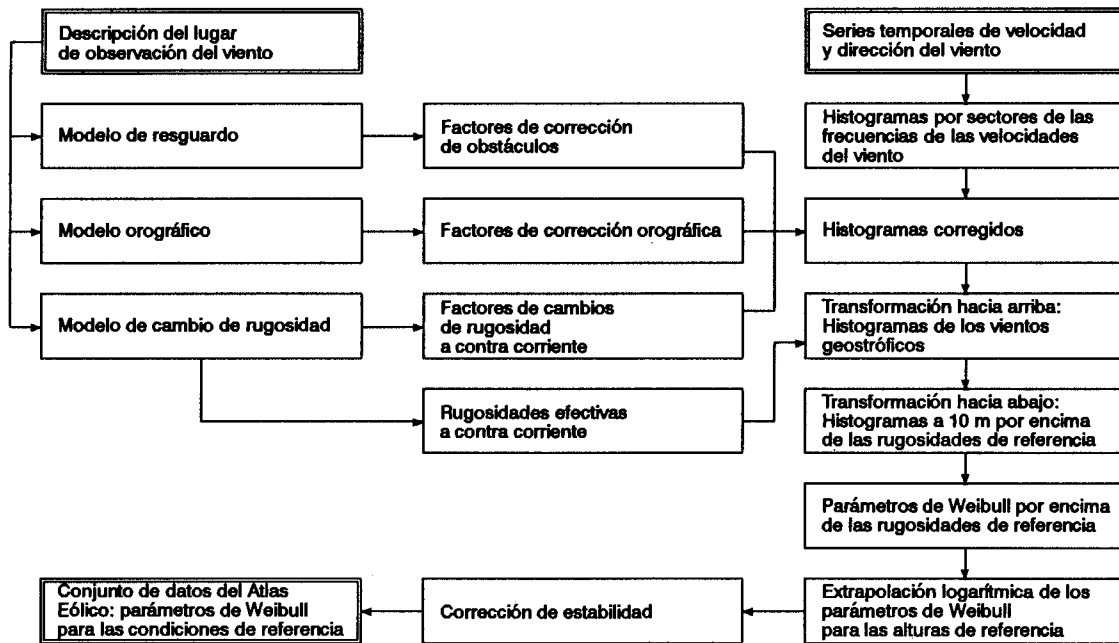


Figura 8.6. Representación esquemática del modelo de análisis del Atlas Eólico.

Sección 8.5 las rugosidades superficiales se toman como parámetros del modelo orográfico. Con todo esto, se obtienen  $C_{oro}^j$  y  $D_{oro}^j$ , en donde  $D_{oro}^j$  es el número de grados que ha girado el vector del viento, calculado por el modelo orográfico.

El paso siguiente es transformar cada pareja de datos de velocidad del viento y azimut con estos factores. Considerando el sector  $j$ ésimo y la casilla de velocidades del viento desde  $u^{(k)}$  hasta  $u^{(k+1)}$ , la aplicación del factor de corrección de obstáculo  $C_{obs}^j$  nos da el valor que tendríamos si el obstáculo no estuviera allí. Igualmente, las correcciones orográficas y de cambio de rugosidad se aplican para transformar las fronteras de las casillas a los correspondientes valores por las condiciones corriente arriba. Para el giro de los ángulos fronterizos, los ángulos de giro calculados por el modelo orográfico se aplican usando la media de los dos valores más cercanos a la frontera considerada.

La rugosidad superficial eficaz  $z_0^j$  se usa junto con cada una de las nuevas fronteras de las casillas en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica Ec. 8.5, para calcular las fronteras correspondientes  $G^{k,j}$  y  $G^{k+1,j}$  con las direcciones asociadas  $D_{inf}^{k,j}$  y  $D_{sup}^{k,j}$  a partir de los valores superior e inferior de los azimuts de las casillas originales. En este proceso de transformación, se conserva la frecuencia de aparición de la casilla original. El viento geostrófico podría usarse ya como representativo de la climatología regional, pero en vez de eso el proceso de transformación continúa para obtener la distribución del viento en terrenos con los valores de rugosidad superficial de referencia. Usando de nuevo la ley de resistencia aerodinámica geostrófica, los valores de  $u_*$  para rugosidades de referencia superficiales, se obtienen a partir de  $G^{k,j}$ ,  $G^{k+1,j}$  y las direcciones del viento a partir de los anteriores valores  $D$ . A partir del perfil logarítmico (Ec. 8.1) se calculan los valores de la velocidad del

viento al nivel inferior de referencia (10 m). Aquí llegados, hemos calculado ya todas las contribuciones para cada casilla de ( $30^\circ$ ) de azimut y velocidad del viento de ( $1 \text{ ms}^{-1}$ ). Se repite este proceso para cada casilla de azimut/velocidad de los datos de entrada y el resultado que se obtiene son cuatro series de histogramas parecidos a los histogramas iniciales, pero pertenecientes al nivel inferior de referencia de 10 m de altura y a cada una de las cuatro clases de rugosidad. Para cada sector de azimut se calcula la frecuencia de aparición correspondiente y de ahí se calculan los parámetros de Weibull usando el proceso de ajuste descrito en la Sección 8.6. Los parámetros de Weibull correspondientes a los niveles de referencia superiores  $z_n$ , se calculan tal y como se describió en la Sección 8.1, utilizando una modificación del perfil logarítmico que tiene en cuenta el efecto de la variación del flujo de calor superficial. El valor medio y la raíz cuadrática media del flujo de calor se especifican independientemente para las condiciones en tierra o en mar. Los valores que se utilizan para las estaciones analizadas aquí son:

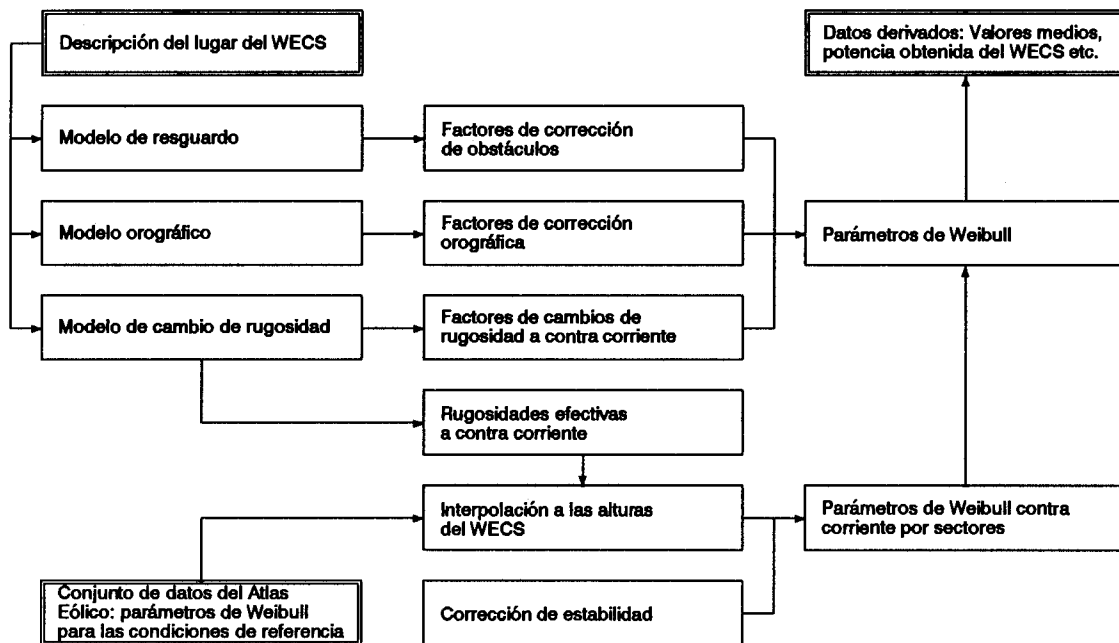
|  |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| Flujo medio de calor en tierra                     | = | $-40 \text{ Wm}^{-2}$ |
| Flujo medio de calor en mar                        | = | $15 \text{ Wm}^{-2}$  |
| Raíz cuadrática media del flujo de calor en tierra | = | $100 \text{ Wm}^{-2}$ |
| Raíz cuadrática media del flujo de calor en mar    | = | $30 \text{ Wm}^{-2}$  |

Las ecuaciones 8.17–8.18 dan los factores de “contaminación” debido al efecto de la estabilidad en los valores medios y en las desviaciones típicas. Estas expresiones evalúan la contaminación utilizando la altura del anemómetro, la distancia a la costa y la rugosidad superficial de equilibrio corriente arriba para cada sector de azimut. Igualmente, se calcula la contaminación para diferentes alturas de referencia y, los cocientes entre estos valores y los de entrada en el modelo, son los que se usan para corregir los parámetros de Weibull calculados utilizando un perfil logarítmico. Los valores medios y las desviaciones típicas correspondientes se calculan por las expresiones dadas en Ec. 8.42, se aplican las correcciones, y se hace el cálculo inverso para determinar los parámetros de Weibull correspondientes a los valores corregidos con medias y varianzas. Para este cálculo, la clase 0 de rugosidad se refiere a las condiciones en agua y las tres otras clases de rugosidad se corrigen para condiciones de paisaje interior, lejos de cualquier influencia costera.

## 8.8 El modelo de aplicación del Atlas Eólico

Para la construcción del Atlas, el modelo de análisis descrito en la anterior sección es suficiente. Pero tan importante como éste, lo es el modelo construido para hacer el cálculo inverso de la distribución de velocidades en un lugar determinado a partir de la climatología regional. Un esquema del modelo se muestra en la Fig. 8.7. Un modelo de tal tipo puede usarse, tanto para verificar las estadísticas regionales calculadas, como para ayudar al usuario del Atlas Eólico en el momento de decidir el emplazamiento de un aerogenerador.





*Figura 8.7. Representación esquemática del modelo de aplicación del Atlas Eólico.*

El modelo, incorporado en WAsP se ha procurado que fuera lo más parecido posible al inverso del modelo de análisis. Los factores de corrección debidos al resguardo local, orografía, y cambios de rugosidad se calculan exactamente de la misma forma que en el modelo de análisis, pero evidentemente, usando ahora la lista de obstáculos, la descripción de rugosidad y los datos orográficos pertenecientes al lugar en el que los datos del Atlas deben ser aplicados.

Para la altura considerada, se usa la tabla del Atlas Eólico y se extraen de ella los valores apropiados de los parámetros de Weibull  $A_j$  y  $k_j$  para cada sector de azimuth, así como la frecuencia del sector  $f_j$ . Para alturas distintas a las alturas de referencia y para rugosidades superficiales también distintas a las de referencia, se usa una interpolación logarítmica. Los valores de las rugosidades superficiales usados para cada sector, son los valores calculados en el modelo de cambio de rugosidad  $z_{0e}$  (Sección 8.3). Los factores de corrección se aplican al parámetro  $A$  para cada sector, manteniendo el valor del parámetro  $k$  de las tablas. Finalmente, la corrección de estabilidad se calcula de la forma indicada anteriormente.

Para las alturas requeridas, y a partir de las especificaciones de las rugosidades del terreno, de los obstáculos resguardantes y de los detalles orográficos, el modelo calcula los valores de los parámetros de Weibull según cada sector, y las frecuencias de cada sector para una climatología regional escogida. La coherencia interna se comprueba calculando la climatología de la estación, usando la climatología regional que resulta de la misma estación al aplicársele el modelo de análisis. De más interés es la intercomparación, usando la climatología regional de una estación para predecir la climatología local de otra estación cercana a ésta. Este ejercicio de intercomparación se describe en el Capítulo 9.

## 8.9 Descripción meteorológica de datos y estaciones

La red de estaciones meteorológicas usada para la observación del tiempo y para los sistemas de alarma, se conoce por el nombre de red sinóptica. Los puestos de observación deben situarse en lugares en los que el personal tenga que estar presente todo el día por razones distintas a las de la observación del tiempo; por ejemplo, en faros. En los aeropuertos, se necesitan también observaciones meteorológicas para fines aeronáuticos y, naturalmente, estas observaciones se incluyen dentro de la red sinóptica.

De estas estaciones sinópticas se consiguen largas series temporales de medidas de viento, así como también de estaciones instaladas específicamente para la obtención de datos climatológicos y de otro tipo de fuentes. El representante de cada uno de los países participantes en el Atlas Eólico Europeo, ha sido el encargado de seleccionar las estaciones de las que se iban a obtener los datos. Para esta selección había una serie de requerimientos (Apéndice C), que pueden resumirse de la siguiente forma:

- Máxima cobertura posible en cada país: cada región climática debe estar representada por datos. Para regiones apartadas de montañas, esto significa una separación entre estaciones de, aproximadamente, doscientos kilómetros. Para regiones montañosas, es difícil que el requerimiento sea satisfecho, y así se aceptó que en estas regiones el análisis daría resultados sólo locales.
- Período temporal suficientemente largo. Los estudios climáticos, tradicionalmente, se refieren a un período de 30 años, pero para este estudio fue necesario reducir este período a 10 años. La razón principal de esta decisión, fue la importancia de una descripción fiable de las condiciones del anemómetro y la precisión de los instrumentos.
- Buena situación para el anemómetro, lejos de edificios y otros obstáculos. Este fue, posiblemente, el requerimiento más difícil de cumplir.
- Descripción detallada de las condiciones anemométricas, y datos promediados en períodos de 10 minutos o horarios recogidos cada 3 horas a lo largo de las 24 horas del día.

En muchos casos, la selección de estaciones hecha por el participante en cada país, no satisfacía todos los requerimientos. Pero, después de evaluar todos los pros y los contras, el criterio del representante fue que la estación era, a pesar de todo, útil para la construcción del Atlas.

Los datos se sacaron de los archivos de los servicios meteorológicos y de la aviación de los países miembros. Los participantes entregaron los datos en cintas magnéticas junto con cuestionarios completos tal y como se describe en el Apéndice C.

La calidad de los datos debía ser controlada por la organización. El control más importante que se hizo una vez recibidos los datos, fue una inspección de la tabla de frecuencias, es decir, la tabla de resumen estadístico dada para cada estación en el Capítulo 7. De esta inspección, salieron deficiencias de los datos como:

- valores irrazonablemente altos de la velocidad del viento.
- un número anormal de observaciones de una determinada velocidad del viento y/o un sector de dirección concreto.
- ciertas configuraciones en la tabla debidas a la conversión de los datos, originariamente recopilados en Beaufort, nudos, millas por hora etc., a metros por segundo. Una conversión del tipo, cambio de 16 sectores a 12 sectores de dirección, por ejemplo, puede también evidenciarse en las tablas.

La solución a esta deficiencia en los datos fue sencilla. Los valores irrazonablemente altos de la velocidad fueron manualmente retirados, representando un número pequeño de puntos. El número anormal de ocurrencia de ciertas velocidades y/o direcciones del viento fue comparado con la climatología conocida. Las configuraciones causadas por la conversión de los datos se eliminaron de la forma siguiente: sean  $\Delta u$  y  $\Delta D$  los intervalos de discretización de la velocidad del viento  $u$  y de la dirección  $D$  respectivamente, entonces, el nuevo valor asignado a cada observación viene dado por:

$$\begin{aligned} u_{nuevo} &= u_{viejo} + a\Delta u \\ D_{nuevo} &= D_{viejo} + b\Delta D \end{aligned} \tag{8.45}$$

en donde  $a$  y  $b$  están distribuidos aleatoria y uniformemente en el  $[-0.5, +0.5]$ .

Otro problema que tuvo que resolverse en cuanto a los datos se refiere, fue la falta de datos nocturnos en algunas estaciones. La mayoría de las estaciones que se usaron en el estudio tienen observaciones cada tres horas, tal y como se requería en los criterios de selección de datos anteriormente mencionados. Pero en algunos casos fue necesario escoger estaciones que carecían de una o más observaciones nocturnas, alternativa preferible a la de no tener información alguna en grandes regiones.

Previo al análisis de estas estaciones, era necesario rellenar esta carencia de datos. Eso se debe a que el ciclo medio diario de la velocidad del viento tiene su mínimo por la noche, y si se hubieran usado directamente las tablas de frecuencia generadas a partir de esos datos, el resultado daría una tendencia errónea hacia velocidades más altas de las que a estas estaciones les corresponde en realidad.

El proceso escogido para este relleno consiste en sustituir los datos omitidos por una interpolación lineal para todo el intervalo de tiempo entre la última observación nocturna y la primera de la mañana. Este proceso se aplicó a las tablas de frecuencia generadas por cada uno de los ocho períodos trihorarios de observación. Las tablas de frecuencias para los períodos de observación omitidos fueron sustituidos por las tablas de interpolación lineal entre los períodos válidos.

Las estaciones con este problema de falta de datos nocturnos pueden reconocerse a partir de las huellas climatológicas del viento y en la tabla de valores medios en la descripción de la estación porque faltan los valores medios para algunas horas.

La información topográfica de las cercanías de las estaciones, que fue proporcionada juntamente con los datos, fue traducida a números correspondientes a los datos que se piden en los modelos de rugosidad, resguardo y orográfico.

La clasificación de la rugosidad se hizo principalmente, siguiendo el proceso que se da en la Sección 5.2, usando el modelo descrito en la Sección 8.3. La rugosidad se determinó a partir de mapas a escala 1:25 000 ó 1:50 000, fotografías tomadas en el lugar de observación, y fotografías aéreas para alguna de las estaciones. Por razones militares, de algunas estaciones fue imposible el obtener mapas y fotografías; en casos así, el representante del país correspondiente tuvo que extraer información lo más acurada posible.

Para cada estación, se dividió el horizonte en doce sectores de 30° cada uno, y se adjudicó un valor del parámetro de aspereza superficial para cada uno de los sectores. La clasificación se hizo para distancias hasta 5 km de la estación, como mínimo. Si en algún caso, una superficie acuosa o algún cambio significativo en el terreno alcanzaba distancias más allá de estos 5 km, entonces la clasificación se amplió a 10 km o más. Los resultados de esta asignación de rugosidad se dan para cada estación en las estadísticas de la estación.

Se acordó también en que los representantes de cada país entregaran, para cada una de las estaciones, información referente a los obstáculos que podían haber influenciado en las medidas del anemómetro en forma de una “descripción formal del objeto”, o por mapas o fotografías.

En cuanto al problema del uso de medidas obtenidas cerca o en la cubierta de edificios, está claro que como más influenciado está el anemómetro de la proximidad de un edificio, más difícil resulta sacar, de estos datos, información representativa de la región. En el principio de este estudio, se hizo el intento de considerar sólo los datos que procedían de mástiles aislados para evitar este problema, pero si se quería tener una mínima cobertura de las regiones, no podían despreciarse las estaciones no aisladas. Los problemas se mencionan en las descripciones de las estaciones en el Capítulo 7.

De otras estaciones, a la vista de los datos, se juzgó que estaban influenciadas por la orografía, por lo que a estos datos se les aplicó el modelo del flujo descrito en la Sección 8.6. Los datos necesarios en el modelo se obtuvieron de digitalizar las curvas de nivel de los mapas topográficos.

De base, se usaron mapas topográficos a escala 1:25 000 ó 1:100 000. Cerca de las estaciones meteorológicas, las curvas de nivel se digitalizaron lo más acuradamente posible, usando un digitalizador patrón. En algunos casos se hizo una ampliación para facilitar el trazado de las curvas.

## Estadísticas del radio-sonda

Además de las estadísticas eólicas medidas cerca de la superficie, el Atlas Eólico proporciona estadísticas desde 29 estaciones de radio-sonda. Los sistemas de radio-sonda que se han utilizado son distintos en un país u otro. Como ejemplo, se da la descripción del sistema de radio-sonda Británico, sacada del "Meteorological Office: Upper-Air Summaries, 1961-70":

Se usa el radar para rastrear un reflector pasivo incorporado al globo radiosonda en donde la posición del globo se determina en coordenadas polares esféricas (radio, azimut y elevación). Las lecturas se toman en intervalos de un minuto, usando una escala temporal común para el radar y el radiosonda. Para un tiempo dado, la velocidad del viento se calcula a partir del desplazamiento horizontal del globo en un intervalo de dos minutos, centrado en el momento en el que se quiere conocer la velocidad; así, el viento observado es el valor medio en una capa de unos 730 metros de grosor. Los ascensos del globo se hacen a las 00 y las 12 GMT.

Los datos que se muestran en la Tabla 7.3 pertenecen a 850 mb (con la excepción de la estación de Heraklion, Grecia), lo que, para una estación cerca del nivel del mar corresponde a una altura de, aproximadamente, 1500 metros. Así, estos datos pueden ser considerados como representativos del viento geostrófico, y de aquí el interés de incluir en el estudio los radiosondeos: el viento geostrófico es una magnitud importante en la metodología del Atlas Eólico y uno de sus objetivos es el cálculo del viento geostrófico a partir de los datos de superficie. Una descripción de como pueden usarse las estadísticas del viento geostrófico, obtenidas ya sea a partir de los radiosondeos o a partir del análisis de los campos de presión en superficie, para calcular la climatología regional del viento, se encuentra en Jensen et al. (1984) y en Petersen et al. (1981). Las climatologías regionales calculadas a partir de los datos del radio-sonda y que se muestran en el Capítulo 7, se han calculado usando el modelo de análisis del Atlas Eólico descrito en la Sección 8.7 (la posición dentro del esquema del modelo se ve en la Figura 8.6, en la casilla titulada histogramas del viento geostrófico).

Existen ciertas razones por las que las estadísticas de los radiosondas no se escogieron como fuente primaria en este estudio. Una de estas razones es la poca densidad de estaciones aéreas que existe comparándolo con las estaciones en superficie; otra, la disparidad de versiones en la forma y calidad de estos datos. La aplicación de los datos de los radiosondas no ha sido bien estudiada, pero sí que una primera comparación de las predicciones a partir de los radiosondeos y los datos superficiales sugiere que, para vientos de velocidad media superior a  $10 \text{ m s}^{-1}$  en los radiosondas la correspondencia es buena. Para vientos de velocidad inferior, los valores en los radiosondas tienden a predecir vientos en superficie superiores a los observados.

A las estadísticas de los radiosondas se han añadido estadísticas del viento geostrófico en superficie calculado para una posición concreta en Dinamarca a partir de las medidas de presión superficiales. (Petersen et al., 1981).

## 8.10 Limitaciones de los datos y los modelos

No es posible dar un margen de errores fijo para los datos que se muestran en el Atlas, y la validez del Atlas está bien garantizada a partir de las comparaciones entre los datos tal y como se presenta en el Capítulo 9. Para dar un poco de sentido a estas comparaciones, discutamos primero un poco acerca de la validez de los datos y de los métodos de análisis.

Las medidas llevan siempre consigo un cierto grado de incertidumbre. Tanto la selección de los aparatos como el manejo de los datos ha sido muy riguroso, pensando ya en la calidad del producto final. Un anemómetro de buena calidad y acuradamente calibrado, puede medir vientos de alrededor de  $3 \text{ m s}^{-1}$  con una precisión de  $\pm 2\%$ . De todas formas, esta precisión no se les puede suponer a los datos sinópticos y a los climatológicos, que es la naturaleza de la mayoría de los datos en el Atlas. Si se excluyen los errores sistemáticos, que pueden aparecer por muchas razones como por ejemplo, una mala calibración del anemómetro, hay que suponer un margen de error del  $\approx 5\%$  para las velocidades del viento. Algunas de las series pueden superar este error, provocando grandes desviaciones en los resultados finales. Esto significa que, la estimación de los recursos eólicos en el punto exacto en el que se han tomado las medidas del viento, puede llegar a tener un margen de error de un  $\approx 15\%$  o más respecto a la energía media.

La transformación de los datos descrita en las secciones anteriores es un procedimiento para calcular las estadísticas del viento en puntos distintos a los de observación. También puede considerarse como un método para borrar de los datos la influencia de las características del terreno, como ya se ha explicado. En ambos casos, se trata de una extrapolación horizontal y vertical a un sitio real cercano o a uno ideal imaginario. El mismo uso práctico del Atlas supone también una extrapolación en el tiempo, desde un período de tiempo en el pasado en el que se realizaron las observaciones hasta el tiempo de utilización.

Así que, a los errores y las incertidumbres en los datos medidos, hay que añadirle los que aportan las transformaciones que los modelos suponen, la especificación de los parámetros climatológicos, y los parámetros tales como la rugosidad de la superficie en cada estación.

Los submodelos anteriormente descritos se basan en hipótesis simplificadas, que son imprescindibles para posibilitar el análisis. La ley de resistencia aerodinámica geostrófica (Ec. 8.5), que puede considerarse como el eje central alrededor del cuál se han construido todos los modelos, es sólo estrictamente aplicable bajo un rango idealizado y limitado de condiciones. La aplicación de esta ley para calcular velocidades del viento geostrófico a partir de observaciones en superficie, lleva consigo un error de un  $\pm 15\%$  ó más, error que proviene mayoritariamente de las condiciones no estacionarias y baroclínicas (Clarke y Hess, 1974). En cuanto a lo de relacionar distribuciones de frecuencia del viento a condiciones de rugosidad superficial distinta, las desviaciones que en la práctica se encuentran son más pequeñas, como puede verse en los resultados de la comparación entre estaciones en el Capítulo 9, sobretodo en las estaciones no ubicadas en terreno montañoso.

Para el modelo de resguardo descrito en la Sección 8.4, las incertidumbres básicas pueden estimarse a partir de los datos de Perera (1981). Existen también las incertidumbres introducidas en el modelo al ser aplicado a objetos tridimensionales. El efecto de los obstáculos resguardantes aumenta en un pequeño tanto por ciento el error de cálculo y, además, incluso en el caso de grandes errores en los cálculos en el modelo de resguardo, estos tienen una influencia muy limitada en la estadística final. Si los factores de reducción de resguardo son grandes, la incertidumbre ligada a la estadística correspondiente será también grande.

El modelo del cambio de rugosidad y la asignación de la rugosidad de la superficie aporta errores que son más grandes como más altos estemos en la escala de rugosidades. La estimación de la rugosidad de la superficie a partir de las características topográficas es sólo precisa con un factor de 1.5 (aproximadamente). Eso se traduce en errores de un  $\approx 5\%$  para valores de las velocidades medias en estaciones a campo abierto ( $z_0^{\text{medio}} < 10 \text{ cm}$ ) y en más de un  $\approx 15\%$  en estaciones en terrenos muy cerrados ( $z_0^{\text{medio}} > 40 \text{ cm}$ ).

En estaciones muy resguardadas se les añade la dificultad de que, muy a menudo, los datos medidos tienden a unos valores medios demasiado bajos debido a que los umbrales de los instrumentos de medida de las velocidades del viento son relativamente altos.

Los máximos errores que se esperan en el Atlas se deben al cálculo del flujo en orografía compleja. Empíricamente, el modelo orográfico ha dado buenos resultados para el caso de la predicción de las perturbaciones del flujo en cerros y colinas no demasiado empinadas. El modelo induce errores del orden de un 10% al estimar incrementos relativos de la velocidad del viento en la cima de una colina con dimensiones horizontales de menos de 1-2 km y pendientes de menos de un 30%. Para cerros y colinas más empinadas, el modelo predice para el incremento de velocidad a sotavento de la colina, un valor inferior al real, como lo hacen también otros modelos similares (ver p.e. Salmon et al., 1987). Este efecto es máximo en las colinas empinadas en donde el flujo, después de las colinas, se separa.

Características orográficas de mayor escala aumentan la deficiencia del modelo, debido a la importancia de los efectos dinámicos no considerados en el modelo. Es difícil estimar el valor que este error representa, pero puede mitigarse un poco debido a que el modelo asegura que para estimar las condiciones del viento cerca del punto de medida, los resultados van a estar sólo marginalmente afectados por los detalles del flujo a mayor escala.

La base de datos utilizada en el Atlas se refiere a alturas bajas, 10 m generalmente. Para alturas de más de 50 m, el flujo de calor en superficie aumenta en importancia en cuanto a la extrapolación vertical de la distribución de vientos. Por esta razón, hay que esperar una disminución de la fiabilidad del Atlas en la predicción de vientos a alturas superiores. La comparación con los datos de mástiles altos en el Capítulo 9 parece que se contradice con esta explicación, pero esta comprobación del modelo de estabilidad no puede considerarse concluyente debido al limitado número de series disponible.

## Capítulo 9

# Verificación de la metodología del Atlas Eólico

Para comprobar si las estadísticas regionales calculadas a partir de una estación en particular son válidas para el cálculo de la distribución de velocidades en la región cercana a la estación, con la exactitud suficiente que la estimación energética necesita, debemos recurrir a la comparación entre los datos medidos y predecidos en un mismo lugar. Vamos a realizar una comprobación parcial, comparando estaciones sometidas prácticamente al mismo clima eólico según la información que nos dan los mapas del Capítulo 2, y separadas por distancias no superiores a 200 km.

### 9.1 Intercomparaciones entre estaciones

Como ejemplo, se han usado las estadísticas regionales de la estación de Belmullet en la costa atlántica de Irlanda para predecir la velocidad media del viento en la estación de Valentia, situada también en la costa atlántica de Irlanda. El método está descrito en la Fig. 1.1. Los datos necesarios para el cálculo (la parte de aplicación del Atlas Eólico WSP) son las estadísticas regionales de la estación de Belmullet (las que van a predecir), y de la estación de Valentia (en donde se quiere hacer la predicción) la rosa de las rugosidades, la información de obstáculos resguardantes y un mapa digitalizado de las curvas de nivel.

Los resultados de los cálculos se muestran abajo en las *tablas de resultados* en donde los nombres de las estaciones en las que se hace la predicción aparecen enteros y los de las estaciones de donde se sacan los datos para predecir se escriben abreviadas con sólo tres letras. La línea diagonal de las tablas impresa en negrita se refiere a las estaciones que se predicen a sí mismas y se observa como, excepto por algunos errores de redondeo, estos resultados en valores medios coinciden con los medidos. Por eso las tablas en negrita son para comparar predicciones. Por ejemplo, como puede verse en la Tabla 9.2, la estación de Shannon se predice a partir de las estaciones de Claremorris, Roches Point y Cork dando valores de la media del viento de 4.9, 4.9, y 5.2  $\text{m s}^{-1}$  respectivamente, que debe compararse con el valor medio



medido en la estación de  $5.0 \text{ m s}^{-1}$ . La tabla de resultados para las estaciones irlandesas da una intercomparación muy convincente entre los tres grupos de estaciones: Las estaciones en la costa atlántica, las estaciones de la costa sur y las estaciones interiores. Se observa, sin embargo, al mirar las otras tablas de resultados, que la intercomparación no siempre es buena. En el capítulo anterior se discutieron las incertidumbres inherentes a la metodología del Atlas Eólico, tales como por ejemplo los errores de medida y la incapacidad de los modelos físicos para modelar las condiciones reales del flujo eólico. El efecto global de estas incertidumbres es el de disminuir la credibilidad de las estadísticas regionales y con ello de su aplicación para predecir las estadísticas del viento en otros lugares de la región. Además de estas incertidumbres existe también el problema básico de la determinación del flujo eólico en un terreno con colinas y montañas. Es evidente que una estación situada en las profundidades de un valle experimenta un viento que ha sido sometido a un efecto de canalización considerable; un ejemplo del caso es la estación de Fort Augustus en UK. Las estaciones influenciadas por efectos orográficos de este tipo sólo pueden utilizarse para predecir en lugares cercanos, afectados por unas mismas condiciones del terreno.

En la selección de las estaciones para las tablas de resultados ha sido en general bastante difícil el encontrar estaciones en terreno complejo que puedan ser consideradas afectadas de una orografía similar. A pesar de los problemas que supone el uso de estaciones en terreno montañoso y con colinas, se han incluido varias de ellas en las tablas de resultados para mostrar las incertidumbres que llevan asociadas. Cada una de las tablas de resultados va acompañada de un pequeño comentario – para un examen más completo de las discrepancias de las predicciones, el lector debe recurrir a las descripciones de las estaciones del Capítulo 7.

Encontramos dos clases distintas de errores sistemáticos que pueden atribuirse a errores de medida y/o a errores debidos a la interpretación de la información de las estaciones que nos piden los modelos (fotos, mapas, descripciones escritas, etc.). La primera es típica de la estación para la que se predice poco viento y que, en cambio, ella predice demasiado viento para otras estaciones. Esto puede ser causado por:

- El instrumento de medida de la velocidad del viento registra valores altos (probablemente se trata de un problema de calibración)
- Las rugosidades en la rosa de las rugosidades son demasiado grandes
- El efecto de resguardo de los obstáculos cercanos ha sido exagerado
- El efecto orográfico calculado infravalora el aumento de velocidad

La segunda clase es típica de la estación para la que se predice demasiado viento mientras que ella predice poco para otras estaciones. Las causas de ello pueden ser las mismas supuestas para la primera clase, pero de signo contrario.

Las comparaciones dan una primera indicación de la representatividad de las estadísticas regionales de una estación o de un grupo de estaciones. Las intercomparaciones no deben ser tomadas muy en serio: la mayoría de las estaciones tienen casi la misma velocidad media entre  $4$  y  $5 \text{ m s}^{-1}$  y algunas de las predicciones pueden

parecer una dispersión aleatoria dentro de este intervalo. De todas formas puede recuperarse la confianza cuando se predicen bien las diferencias grandes entre estaciones, como en el caso de las estaciones holandesas de los buques-faro de Eelde y Texel que se predicen mutuamente casi exactamente con valores de  $4.5$  y  $7.6\text{ m s}^{-1}$ , respectivamente. Como caso extremo, las dos estaciones Snaefell en el punto más alto de la Isla de Man ( $621\text{ m}$ ) y Blackpool en la costa del Mar de Irlanda con valores medios para la velocidad del viento de  $13.8$  y  $5.7\text{ m s}^{-1}$  y que se predicen una a la otra los valores de  $12.0$  y  $7.1\text{ m s}^{-1}$  respectivamente. Esto es satisfactorio cuando se considera que los cálculos incluyen efectos orográficos en el viento en Snaefell que dan un aumento de la velocidad del viento del orden de un  $144\%$ .

Intercomparaciones más completas dentro de un grupo de estaciones requieren predicciones a distintas alturas y un examen de la rosa de los vientos predecida, siendo lo último los parámetros de Weibull y frecuencia de ocurrencia como función de la dirección del viento. Tan sólo una presentación rudimentaria de este tipo de predicciones aumentaría enormemente el grosor del Atlas Eólico, pero algunas comparaciones entre datos medidos y predecidos para distintas alturas se presentan en la Sección 9.2. El lector puede realizar intercomparaciones de rosas de los vientos entre estaciones que no estén bajo la influencia de orografía mediante los métodos descritos en el Capítulo 5. Intercomparaciones más completas incluyendo estaciones en terrenos montañosos pueden realizarse usando el programa WAP. De ello se da un ejemplo en la Tabla 9.1.

*Tabla 9.1. Predicción de las condiciones eólicas en estaciones en terreno complejo usando estadísticas de radiosondas. Las estadísticas regionales del Atlas Eólico de una estación de radiosonda en Stornoway, UK, se han usado para predecir los parámetros de Weibull totales y por sectores para la estación de Fort Augustus, UK, ver Fig. 8.2. La comparación demuestra la posibilidad de usar datos aéreos para evaluar las condiciones del viento en terreno complejo. Los datos comparados, predecidos y medidos, coinciden bien y eso se debe, en parte, a que la región es ventosa.*

| Sector | Medido    |      |       | Predecidos    |      |       | Medidos       |      |       |
|--------|-----------|------|-------|---------------|------|-------|---------------|------|-------|
|        | Stornoway |      |       | Fort Augustus |      |       | Fort Augustus |      |       |
| °      | A         | k    | f     | A             | k    | f     | A             | k    | f     |
| 0      | 10.7      | 1.85 | 6.5   | 1.9           | 1.48 | 3.6   | 1.9           | 1.12 | 4.3   |
| 30     | 10.2      | 1.94 | 4.7   | 2.8           | 1.56 | 5.2   | 3.6           | 1.73 | 7.8   |
| 60     | 9.2       | 1.77 | 4.1   | 3.5           | 1.50 | 9.6   | 3.8           | 1.94 | 10.0  |
| 90     | 9.3       | 1.68 | 4.0   | 2.3           | 1.33 | 4.8   | 2.5           | 1.44 | 4.6   |
| 120    | 9.3       | 1.64 | 5.2   | 1.9           | 1.56 | 4.2   | 1.2           | 0.79 | 3.1   |
| 150    | 9.2       | 1.64 | 5.7   | 1.8           | 1.77 | 5.0   | 1.8           | 0.94 | 3.3   |
| 180    | 12.7      | 1.90 | 9.7   | 3.1           | 1.51 | 7.8   | 3.5           | 1.40 | 5.3   |
| 210    | 15.4      | 1.94 | 13.7  | 4.9           | 1.85 | 17.1  | 5.5           | 2.43 | 21.3  |
| 240    | 16.3      | 2.21 | 15.7  | 5.5           | 1.93 | 27.2  | 4.7           | 1.89 | 25.1  |
| 270    | 15.5      | 2.07 | 13.6  | 3.1           | 1.47 | 7.2   | 2.6           | 1.52 | 9.0   |
| 300    | 13.5      | 1.92 | 9.2   | 2.2           | 1.60 | 4.7   | 1.0           | 0.87 | 3.3   |
| 330    | 11.7      | 1.89 | 8.0   | 1.5           | 1.70 | 3.3   | 0.9           | 0.83 | 3.0   |
| Total  | 13.1      | 1.81 | 100.0 | 3.7           | 1.42 | 100.0 | 3.9           | 1.65 | 100.0 |

Tabla 9.2. Comparación de las estaciones irlandesas. Existen tres grupos distintos de estaciones: Las de la costa atlántica (Valentia, Belmullet y Malin Head), las de la costa sur (Cork, Roches Point) y las estaciones interiores (Shannon, Claremorris y Mullingar). La coincidencia dentro de estos tres grupos es muy buena. Además, si los dos últimos grupos y Dublín se consideran como un único grupo, la coincidencia sigue siendo buena. Se considera que Dublin es representativo de la costa no montañosa del Mar de Irlanda, y se la compara con algunas estaciones de UK en la Tabla 9.3.

|              | Bel | Val | Mal | Sha | Cla | Roc | Cor | Mul | Dub |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Belmullet    | 6.9 | 6.8 | 6.9 | 5.8 | 5.6 | 5.7 | 5.9 | 5.8 | 6.0 |
| Valentia     | 5.9 | 5.7 | 5.8 | 4.9 | 4.8 | 4.9 | 5.1 | 4.9 | 5.2 |
| Malin Head   | 8.5 | 8.3 | 8.2 | 7.1 | 6.9 | 7.2 | 7.4 | 7.1 | 7.4 |
| Shannon      | 5.9 | 5.9 | 6.0 | 5.0 | 4.9 | 4.9 | 5.2 | 5.0 | 5.2 |
| Claremorris  | 5.3 | 5.2 | 5.2 | 4.4 | 4.3 | 4.4 | 4.5 | 4.4 | 4.6 |
| Roches Point | 7.7 | 7.8 | 7.9 | 6.7 | 6.4 | 6.4 | 6.9 | 6.5 | 6.7 |
| Cork         | 6.0 | 5.9 | 5.9 | 5.0 | 4.9 | 5.0 | 5.1 | 5.0 | 5.3 |
| Mullingar    | 5.8 | 5.8 | 5.8 | 4.9 | 4.7 | 4.8 | 5.1 | 4.9 | 5.1 |
| Dublin       | 5.9 | 5.8 | 5.9 | 5.0 | 4.8 | 4.9 | 5.1 | 4.9 | 5.2 |

*Tabla 9.3. Comparación entre siete estaciones de UK y una estación de Irlanda. El primer grupo está compuesto por estaciones cercanas al Mar de Irlanda: Dublín, Snaefell, Valley y Blackpool. Las comparaciones entre las estaciones son buenas, incluso para el caso de Snaefell que se encuentra en la cima de la Isla de Man a 621-m. Las estaciones de Manchester, Bala, Lowther Hill y Eskdalemuir son representantes del interior, estando las tres últimas en terreno montañoso irregular y con muchas cimas. A Manchester se le considera posteriormente en la Tabla 9.5.*

|              | Dub  | Val  | Bla  | Sna  | Bal  | Man  | Low  | Esk  |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Dublin       | 5.2  | 4.9  | 5.2  | 6.2  | 5.2  | 4.6  | 5.3  | 5.5  |
| Valley       | 7.4  | 7.0  | 7.1  | 8.8  | 7.5  | 6.5  | 7.4  | 7.8  |
| Blackpool    | 6.0  | 5.6  | 5.7  | 7.1  | 6.0  | 5.2  | 6.0  | 6.3  |
| Snaefell     | 11.6 | 11.0 | 12.0 | 13.8 | 11.4 | 10.5 | 12.0 | 12.0 |
| Bala         | 4.1  | 3.6  | 3.9  | 4.8  | 4.0  | 3.4  | 3.9  | 4.3  |
| Manchester   | 5.0  | 4.9  | 5.0  | 6.1  | 5.2  | 4.5  | 5.2  | 5.5  |
| Lowther Hill | 10.1 | 9.4  | 10.1 | 11.9 | 9.9  | 8.9  | 10.1 | 10.5 |
| Eskdalemuir  | 4.5  | 4.4  | 4.5  | 5.4  | 4.6  | 4.1  | 4.7  | 4.9  |

*Tabla 9.4. Comparación entre estaciones de Escocia, UK. Se comparan seis estaciones de Escocia, UK, cuatro de las cuales están situadas en la costa (Benbecula, Duirinish, Dustaffnage y Wick) y dos en las montañas: Cairngorm en una cima de 1065-m y Fort Augustus en la profundidad del Glen Valley.*

*Duirinish y Dustaffnage se encuentran las dos bajo las mismas condiciones eólicas en la costa oeste de Escocia y comparan bien. Wick, que se encuentra en el punto más al norte de Escocia, compara razonablemente bien con las dos estaciones montañosas, mientras que Benbecula en la costa oeste del Outer Hebrides no compara muy bien. Las dos estaciones montañosas se muestran únicamente para ilustrar el ejemplo, mientras que Fort Augustus compara sorprendentemente bien con las estaciones de la costa.*

|               | Ben | Dui | Dus | Wic | Cai | For |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Benbecula     | 6.8 | 5.5 | 5.7 | 5.8 | 6.9 | 6.8 |
| Duirinish     | 7.5 | 6.0 | 6.2 | 6.4 | 7.8 | 7.4 |
| Dustaffnage   | 6.1 | 4.9 | 5.2 | 5.3 | 6.1 | 5.9 |
| Wick          | 6.8 | 5.5 | 5.8 | 5.9 | 6.8 | 6.6 |
| Cairngorm     | 9.8 | 7.8 | 8.5 | 8.6 | 9.9 | 9.5 |
| Fort Augustus | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 3.8 | 3.4 |

*Tabla 9.5. Comparación entre estaciones de UK. Se comparan nueve estaciones que cubren las partes central y sur de Inglaterra. La estaciones pueden agruparse de la siguiente forma: centro de Inglaterra con Manchester, Birmingham y Londres; el sureste de Inglaterra con Burrington, Exeter, Bournemouth y Yeovilton; y el centro-este de Inglaterra con Waddington y Coltishall.*

*Dentro de estos tres grupos, las estaciones comparan razonablemente bien.*

|             | Man | Bir | Wad | Col | Lon | Bou | Yeo | Exe | Bur |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Manchester  | 4.5 | 4.6 | 4.9 | 4.5 | 4.0 | 4.1 | 4.7 | 4.5 | 5.1 |
| Birmingham  | 4.5 | 4.5 | 4.8 | 4.5 | 4.0 | 4.0 | 4.7 | 4.5 | 5.2 |
| Waddington  | 4.6 | 4.6 | 5.0 | 4.6 | 4.1 | 4.1 | 4.8 | 4.6 | 5.2 |
| Coltishall  | 4.6 | 4.7 | 5.1 | 4.7 | 4.2 | 4.2 | 4.9 | 4.6 | 5.3 |
| London      | 4.4 | 4.5 | 4.9 | 4.5 | 4.0 | 4.1 | 4.7 | 4.4 | 5.1 |
| Bournemouth | 4.7 | 4.8 | 5.1 | 4.7 | 4.2 | 4.3 | 4.9 | 4.7 | 5.4 |
| Yeovilton   | 4.6 | 4.7 | 5.1 | 4.7 | 4.1 | 4.2 | 4.8 | 4.6 | 5.1 |
| Exeter      | 4.5 | 4.6 | 4.9 | 4.6 | 4.1 | 4.1 | 4.8 | 4.6 | 5.3 |
| Burrington  | 5.1 | 5.1 | 5.5 | 5.1 | 4.5 | 4.6 | 5.3 | 5.1 | 5.8 |

Tabla 9.6. Comparación entre estaciones de Dinamarca. Se comparan nueve estaciones danesas. Pueden identificarse tres grupos de estaciones: en el oeste, desde el centro hasta el norte de Jylland con Ålborg y Karup; el resto de Jylland con Horns Rev Fyrskib, Tirstrup y Skrydstrup; las islas con Beldringe en Fyn, Kastrup en Sjælland y Rønne en Bornholm. Dentro de estos tres grupos las coincidencias son buenas. Incluso si se consideran todas las estaciones dentro del mismo grupo – como en el caso del Atlas Eólico – las comparaciones son buenas.

|                   | Ålb | Kar | Hor | Tir | Skr | Bel | Vær | Kas | Røn |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ålborg            | 5.8 | 6.2 | 5.4 | 5.8 | 5.6 | 5.4 | 4.9 | 5.9 | 5.3 |
| Karup             | 5.0 | 5.3 | 4.6 | 4.9 | 4.8 | 4.5 | 4.2 | 5.0 | 4.5 |
| Horns Rev Fyrskib | 8.4 | 8.9 | 7.8 | 8.3 | 8.0 | 7.7 | 7.2 | 8.4 | 7.6 |
| Tirstrup          | 4.5 | 4.7 | 4.2 | 4.3 | 4.3 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 4.2 |
| Skrydstrup        | 4.8 | 5.2 | 4.5 | 4.8 | 4.6 | 4.4 | 4.1 | 4.8 | 4.4 |
| Beldringe         | 5.5 | 5.8 | 5.1 | 5.4 | 5.3 | 4.9 | 4.6 | 5.5 | 4.9 |
| Værløse           | 5.3 | 5.6 | 4.9 | 5.2 | 5.1 | 4.8 | 4.5 | 5.3 | 4.8 |
| Kastrup           | 6.3 | 6.6 | 5.8 | 6.1 | 5.9 | 5.7 | 5.3 | 6.3 | 5.7 |
| Rønne             | 6.5 | 7.0 | 6.0 | 6.5 | 6.2 | 6.1 | 5.5 | 6.5 | 5.8 |

Tabla 9.7. Comparación entre seis estaciones de Alemania y una de Los Países Bajos. Se comparan seis estaciones alemanas y una holandesa. Las estaciones de Bremen, Hamburg, Hannover, Braunschweig y Berlin representan las condiciones interiores de la Alemania del norte y comparan bien. Düsseldorf y Eindhoven no coinciden, debido probablemente a la influencia del valle del Rhine en la climatología de Düsseldorf.

|              | Bre | Ham | Han | Bra | Ber | Düs | Ein |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Bremen       | 4.3 | 4.5 | 4.3 | 4.2 | 4.3 | 4.0 | 4.5 |
| Hamburg      | 4.2 | 4.3 | 4.1 | 4.0 | 4.1 | 3.9 | 4.4 |
| Hannover     | 4.1 | 4.3 | 4.0 | 4.0 | 4.1 | 3.9 | 4.4 |
| Braunschweig | 4.1 | 4.2 | 4.0 | 3.8 | 4.0 | 3.7 | 4.2 |
| Berlin       | 4.2 | 4.3 | 4.2 | 4.0 | 4.2 | 3.9 | 4.4 |
| Düsseldorf   | 4.4 | 4.5 | 4.3 | 4.2 | 4.3 | 4.1 | 4.6 |
| Eindhoven    | 4.3 | 4.4 | 4.2 | 4.1 | 4.2 | 3.9 | 4.4 |

Tabla 9.8. Comparación entre seis estaciones del centro de Alemania y una del sur. Se comparan seis estaciones del centro y el sur de Alemania. Nürnberg, Weißenburg y München comparan razonablemente bien, el resto mucho menos.

|               | Nür | Wei | Mün | Hof | Stu | Fra |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Nürnberg      | 2.8 | 2.9 | 3.0 | 3.4 | 2.4 | 3.1 |
| Weißenburg    | 2.6 | 2.7 | 2.9 | 3.3 | 2.3 | 3.1 |
| München       | 3.1 | 3.3 | 3.2 | 3.8 | 2.6 | 3.5 |
| Hof-Hohensaas | 3.1 | 3.3 | 3.3 | 3.8 | 2.6 | 3.5 |
| Stuttgart     | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.7 | 2.6 | 3.3 |
| Frankfurt     | 3.0 | 3.2 | 3.3 | 3.8 | 2.7 | 3.4 |



Tabla 9.9. Comparación de cinco estaciones del Mar del Norte y una de tierra adentro. Se comparan cinco estaciones del Mar del Norte y una de tierra adentro: las dos islas alemanas de Helgoland y List/Sylt, la isla holandesa de Terschelling, los dos buques-faro de Texel y Horns Rev y por último el aeropuerto de Skrydstrup Airport en el sur de Jylland. Excepto en el caso de Terschelling, las comparaciones son buenas. Se ve como Skrydstrup, en donde se registra un valor medio mucho más bajo que en el resto de las estaciones, predice bien y es bien precedido. La desviación en la estación de Terschelling se ve también en la Tabla 9.10.

|                   | Hel | Lis | Tex | Hor | Skr | Ter |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Helgoland         | 7.2 | 7.5 | 7.1 | 7.3 | 7.5 | 7.7 |
| List/Sylt         | 6.8 | 7.0 | 6.7 | 6.9 | 7.0 | 7.3 |
| Texel Lichtschip  | 7.7 | 8.1 | 7.6 | 7.8 | 8.0 | 8.3 |
| Horns Rev Fyrskib | 7.7 | 8.1 | 7.6 | 7.8 | 8.0 | 8.3 |
| Skrydstrup        | 4.4 | 4.7 | 4.4 | 4.5 | 4.6 | 4.8 |
| Terschelling      | 7.1 | 7.5 | 6.9 | 7.2 | 7.4 | 7.6 |

Tabla 9.10. Comparación entre seis estaciones holandesas. Se comparan seis estaciones holandesas. Excepto para la estación de la isla de Terschelling en el Mar del Norte, las estaciones comparan bien. Las estaciones de Schiphol, Leeuwarden y Eelde son representativas de las condiciones costeras del Mar del Norte y Eindhoven de las condiciones interiores.

|                  | Sch | Ein | Lee | Tex | Eel | Ter |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Schiphol         | 5.0 | 4.7 | 5.2 | 5.1 | 5.1 | 5.5 |
| Eindhoven        | 4.7 | 4.4 | 4.9 | 4.8 | 4.8 | 5.2 |
| Leeuwarden       | 5.0 | 4.7 | 5.1 | 5.0 | 5.1 | 5.4 |
| Texel Lichtschip | 7.6 | 7.2 | 7.9 | 7.6 | 7.8 | 8.3 |
| Eelde            | 4.4 | 4.2 | 4.6 | 4.5 | 4.5 | 4.9 |
| Terschelling     | 6.9 | 6.6 | 7.2 | 6.9 | 7.1 | 7.6 |

*Tabla 9.11. Comparación entre estaciones de Bélgica, Los Países Bajos y Luxemburgo. Se comparan cinco estaciones en Bélgica (Middelkerke, Melsbroek, Florennes, Saint Hubert y Spa), Findel Airport en Luxembourg y Eindhoven en los Países Bajos. Middelkerke está situada a 1200 metros de la línea de costa del Mar del Norte y no compara bien con las otras estaciones representativas del interior. Las estaciones interiores comparan bien y Middelkerke se trata posteriormente en la Tabla 9.12.*

|              | Mel | Flo | Sai | Spa | Fin | Ein | Mid |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Melsbroek    | 4.4 | 4.3 | 4.3 | 4.4 | 4.2 | 4.5 | 4.9 |
| Florennes    | 4.0 | 3.9 | 3.9 | 4.1 | 3.8 | 4.1 | 4.5 |
| Saint Hubert | 4.5 | 4.3 | 4.3 | 4.4 | 4.2 | 4.6 | 5.1 |
| Spa          | 4.1 | 4.0 | 4.0 | 4.2 | 3.8 | 4.2 | 4.6 |
| Findel       | 4.1 | 3.9 | 3.9 | 4.1 | 3.7 | 4.1 | 4.5 |
| Eindhoven    | 4.4 | 4.3 | 4.2 | 4.4 | 4.1 | 4.4 | 4.9 |
| Middelkerke  | 5.2 | 5.0 | 5.0 | 5.2 | 4.8 | 5.3 | 5.8 |

*Tabla 9.12. Comparación entre ocho estaciones francesas y una belga. Se comparan ocho estaciones del noroeste francés y una de Bélgica. Se pueden dividir las estaciones en dos grupos: estaciones de la costa (Lorient, Brest, Dinard, Cherbourg y Middelkerke) y estaciones a más de 10 km hacia el interior (Evreux, Caen, Abbeville y Cambrai). Si no consideramos Cherbourg y Evreux, las coincidencias dentro de este grupo son buenas. Evreux se estudia más tarde en la Tabla 9.13.*

|             | Lor | Bre | Din | Mid | Che | Evr | Cae | Abb | Cam |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Lorient     | 4.7 | 4.8 | 4.5 | 4.7 | 5.3 | 3.8 | 4.2 | 4.1 | 4.2 |
| Brest       | 4.5 | 4.6 | 4.4 | 4.4 | 5.0 | 3.6 | 4.0 | 3.9 | 3.9 |
| Dinard      | 4.5 | 4.7 | 4.4 | 4.5 | 5.1 | 3.7 | 4.1 | 4.0 | 4.1 |
| Middelkerke | 5.9 | 6.0 | 5.6 | 5.8 | 6.5 | 4.8 | 5.3 | 5.1 | 5.2 |
| Cherbourg   | 4.8 | 4.9 | 4.7 | 4.6 | 5.3 | 3.9 | 4.2 | 4.2 | 4.1 |
| Evreux      | 5.1 | 5.2 | 5.0 | 5.0 | 5.6 | 4.1 | 4.6 | 4.4 | 4.6 |
| Caen        | 5.3 | 5.4 | 5.1 | 5.2 | 5.9 | 4.3 | 4.7 | 4.6 | 4.7 |
| Abbeville   | 5.4 | 5.5 | 5.2 | 5.3 | 6.0 | 4.3 | 4.8 | 4.7 | 4.7 |
| Cambrai     | 5.4 | 5.5 | 5.2 | 5.3 | 6.0 | 4.4 | 4.8 | 4.7 | 4.8 |

*Tabla 9.13. Comparación entre estaciones de Francia, Alemania y Luxemburgo. Se comparan cinco estaciones francesas, dos alemanas y una de Luxemburgo. Las estaciones son representativas de una área que va desde Nantes en el suroeste hasta Saarbrücken en el noreste.*  
*Las comparaciones son buenas, siendo en Toul donde las diferencias son mayores.*

|             | Nan        | Evr        | Orl        | Rei        | Tou        | Saa        | Fin        | Fra        |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Nantes      | <b>3.8</b> | 3.8        | 3.8        | 3.7        | 3.5        | 3.7        | 3.9        | 3.4        |
| Evreux      | 4.1        | <b>4.1</b> | 4.2        | 4.0        | 3.8        | 4.0        | 4.2        | 3.7        |
| Orléans     | 4.2        | 4.2        | <b>4.2</b> | 4.0        | 3.8        | 4.1        | 4.3        | 3.7        |
| Reims       | 3.9        | 3.9        | 3.9        | <b>3.7</b> | 3.5        | 3.8        | 4.0        | 3.4        |
| Toul        | 3.8        | 3.7        | 3.8        | 3.6        | <b>3.6</b> | 3.8        | 3.8        | 3.5        |
| Saarbrücken | 3.5        | 3.5        | 3.6        | 3.5        | 3.3        | <b>3.5</b> | 3.6        | 3.2        |
| Findel      | 3.7        | 3.7        | 3.7        | 3.5        | 3.4        | 3.6        | <b>3.7</b> | 3.3        |
| Frankfurt   | 3.7        | 3.8        | 3.8        | 3.7        | 3.4        | 3.6        | 3.8        | <b>3.4</b> |

Tabla 9.14. Comparación de siete estaciones del centro y del suroeste de Francia. Las estaciones de Poitiers, Limoges, Bordeaux, Avord y Toulouse comparan bien. Orléans, que se encuentra también en la Tabla 9.13, y Mont de Marsan no son representativas de la región. Mont de Marsan debe ser representativa de la región de vientos flojos en el extremo suroeste cerca de los Pirineos.

|                | Poi | Lim | Bor | Avo | Tou | Orl | Mon |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Poitiers       | 3.4 | 3.3 | 3.5 | 3.4 | 3.6 | 3.9 | 2.5 |
| Limoges        | 3.4 | 3.2 | 3.4 | 3.3 | 3.4 | 3.8 | 2.4 |
| Bordeaux       | 3.2 | 3.0 | 3.3 | 3.2 | 3.3 | 3.6 | 2.3 |
| Avord          | 3.8 | 3.7 | 3.9 | 3.8 | 3.9 | 4.4 | 2.7 |
| Toulouse       | 3.4 | 3.3 | 3.5 | 3.4 | 3.5 | 3.8 | 2.4 |
| Orléans        | 3.7 | 3.6 | 3.8 | 3.7 | 3.8 | 4.2 | 2.7 |
| Mont de Marsan | 3.1 | 3.0 | 3.2 | 3.1 | 3.3 | 3.5 | 2.3 |

Tabla 9.15. Comparación de cuatro estaciones francesas en el Massif Central. Se comparan cuatro estaciones francesas situadas en el Massif Central. Las estaciones de Clermont-Ferrand, Saint Yan y Vichy están situadas en las llanuras de Limange, Loire y L'Allier en el norte del Massif Central, y las comparaciones dan buenos resultados.

|                  | Cle | Vic | Sai | Le  |
|------------------|-----|-----|-----|-----|
| Clermont-Ferrand | 2.9 | 2.8 | 2.7 | 2.4 |
| Vichy            | 2.7 | 2.6 | 2.5 | 2.3 |
| Saint Yan        | 2.8 | 2.7 | 2.6 | 2.3 |
| Le Puy Chadrac   | 3.3 | 3.3 | 3.2 | 2.8 |

Tabla 9.16. Comparación de nueve estaciones del sur de Francia. Se han comparado nueve estaciones del Massif Central, del valle del Rhone y de la costa Mediterránea. La mayoría de las estaciones se encuentran en zonas de topografía complicada y las comparaciones son difíciles. En general, hay que considerar que las estaciones son únicamente representativas de sus localizaciones específicas y de los entornos con orografía de características similares.

|               | Car | Per | Gou | Aur | Mil | Ist | Nîm | Sai | Lyo |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Carcassonne   | 5.0 | 5.0 | 3.2 | 2.5 | 4.0 | 4.8 | 4.1 | 2.8 | 3.1 |
| Perpignan     | 5.4 | 5.1 | 3.4 | 2.6 | 4.1 | 5.0 | 4.2 | 2.9 | 3.3 |
| Gourdon       | 4.4 | 4.2 | 2.8 | 2.2 | 3.4 | 4.1 | 3.5 | 2.4 | 2.7 |
| Aurillac      | 5.4 | 4.9 | 3.4 | 2.6 | 4.0 | 4.7 | 4.0 | 2.9 | 3.2 |
| Millau        | 7.0 | 7.2 | 4.7 | 3.7 | 5.4 | 6.7 | 5.7 | 4.0 | 4.5 |
| Istres        | 6.1 | 5.9 | 3.9 | 3.0 | 4.6 | 5.6 | 4.7 | 3.3 | 3.8 |
| Nîmes         | 5.6 | 5.3 | 3.6 | 2.8 | 4.3 | 5.2 | 4.4 | 3.2 | 3.5 |
| Saint Etienne | 4.8 | 4.8 | 3.1 | 2.4 | 3.6 | 4.4 | 3.7 | 2.7 | 3.0 |
| Lyon          | 4.8 | 4.7 | 3.2 | 2.5 | 4.0 | 4.9 | 4.2 | 2.8 | 3.2 |

Tabla 9.17. Comparación de dos estaciones en el noreste de España. La estación de Gerona está muy resguardada del viento y la comparación es difícil

|           | Ger | Bar |
|-----------|-----|-----|
| Gerona    | 2.3 | 2.8 |
| Barcelona | 2.7 | 3.4 |

Tabla 9.18. Comparación de tres estaciones en la costa este de España. Las dos estaciones de Murcia y Alicante dan buenas comparaciones considerando las diferencias de la topografía de su emplazamiento. La estación de Valencia se encuentra a más de cien kilómetros al norte y está separada de las otras dos por una amplia zona montañosa.

|          | Val | Ali | Mur |
|----------|-----|-----|-----|
| Valencia | 3.3 | 4.0 | 4.9 |
| Alicante | 3.2 | 3.9 | 5.0 |
| Murcia   | 2.9 | 3.6 | 4.4 |

Tabla 9.19. Comparación de tres estaciones del sur de España. Las estaciones de Málaga y Almería se encuentran las dos en la costa, separadas entre ellas por una distancia de 200 km. Granada se encuentra a unos 50 km al interior en la cadena montañosa de Sierra Nevada.

|         | Mál | Gra | Alm |
|---------|-----|-----|-----|
| Málaga  | 3.7 | 2.1 | 3.6 |
| Granada | 4.2 | 2.3 | 3.9 |
| Almería | 3.9 | 2.3 | 3.8 |

Tabla 9.20. Comparación de dos estaciones en Portugal y una estación en el suroeste de la Península Ibérica. Las dos estaciones de la costa portuguesa dan buenas comparaciones y comparan bien también con Sevilla a pesar de estar esta estación separada de las otras por más de 200 km y encontrarse 50 km al interior.

|         | Sev | Far | Sag |
|---------|-----|-----|-----|
| Sevilla | 3.0 | 3.3 | 3.6 |
| Faro    | 3.3 | 3.6 | 3.8 |
| Sagres  | 5.4 | 5.9 | 5.5 |

Tabla 9.21. Comparación de tres estaciones al noroeste de España. Las estaciones se encuentran en zona de topografía compleja y su comparación no da buenos resultados.

|                        | Cor | San | Avi |
|------------------------|-----|-----|-----|
| La Coruña              | 4.2 | 3.7 | 2.4 |
| Santiago de Compostela | 4.7 | 3.8 | 2.4 |
| Avilés                 | 5.4 | 4.2 | 2.8 |

Tabla 9.22. Comparación de seis estaciones en las Islas Canarias, España. La separación entre estaciones vecinas es de unos 100 km o más.  
A pesar de que las estaciones están situadas en el misma altura del régimen de vientos al NE del cinturón de los Alisios, las altas montañas volcánicas influyen fuertemente a la corriente. Es por eso que las intercomparaciones son difíciles. Hay que constatar el hecho de que los datos no han sido corregidos de los efectos de las grandes montañas.

|                       | Pal  | Lan | Fue | TRS | Hie | TLR  |
|-----------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Las Palmas            | 7.3  | 6.1 | 5.4 | 6.3 | 5.4 | 8.1  |
| Lanzarote             | 7.2  | 6.1 | 5.4 | 6.4 | 5.5 | 8.1  |
| Fuerteventura         | 8.5  | 7.1 | 6.2 | 6.9 | 6.5 | 9.2  |
| Tenerife (R. Sofía)   | 6.8  | 5.8 | 5.1 | 5.6 | 5.0 | 7.3  |
| El Hierro             | 10.1 | 8.3 | 7.2 | 7.8 | 7.6 | 10.5 |
| Tenerife (Los Rodeos) | 5.9  | 5.2 | 4.5 | 4.7 | 4.5 | 6.2  |



Tabla 9.23. Comparación de dos estaciones en las Islas Azores, Portugal. Las estaciones están separadas una distancia aproximada de 600 km.

|             | Flo | San |
|-------------|-----|-----|
| Flores      | 4.7 | 4.3 |
| Santa Maria | 6.7 | 5.8 |

Tabla 9.24. Comparación de dos estaciones en las Islas Madeira y Porto Santo, Portugal. Las condiciones eólicas en la estación de Funchal se encuentran bajo la influencia de las grandes montañas en Madeira y los datos no han sido corregidos de estos efectos. Por lo tanto, las comparaciones son difíciles.

|             | Fun | Por |
|-------------|-----|-----|
| Funchal     | 5.0 | 4.1 |
| Porto Santo | 5.3 | 4.6 |

Tabla 9.25. Comparación de cinco estaciones en Portugal. Las dos estaciones de la costa sur, Faro y Sagres, comparan bien. Las otras estaciones están separadas por cadenas montañosas y por distancias considerables.

|                | Far | Sag | Sin | Lis | Cab |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Faro           | 3.6 | 3.8 | 3.0 | 4.2 | 2.9 |
| Sagres         | 5.9 | 5.5 | 4.5 | 6.2 | 4.4 |
| Sines          | 5.2 | 6.2 | 4.5 | 6.8 | 4.6 |
| Lisboa         | 3.6 | 4.0 | 3.0 | 4.3 | 3.0 |
| Cabo Carvoeiro | 5.9 | 7.0 | 5.1 | 7.4 | 4.8 |

*Tabla 9.26. Comparación de tres estaciones en el sur de Italia. Se comparan tres estaciones en Apuglia. Comparan bien y los datos de las estaciones son representativos de la región en la que el paisaje es relativamente no complicado.*

|                 | Gio | Bri | Lec |
|-----------------|-----|-----|-----|
| Gioia del Colle | 3.6 | 4.0 | 3.8 |
| Brindisi        | 4.2 | 4.6 | 4.4 |
| Lecce Galatina  | 3.5 | 3.9 | 3.7 |

*Tabla 9.27. Comparación de dos estaciones en el centro de Italia. Las estaciones comparan bien, pero la región es de vientos flojos.*

|          | Pis | Gro |
|----------|-----|-----|
| Pisa     | 2.2 | 2.3 |
| Grosseto | 2.2 | 2.3 |

Tabla 9.28. Comparación de seis estaciones en Cerdeña, Italia. Las tres estaciones pueden separarse en tres grupos: tres estaciones en la parte norte del valle Campidano (Monte Arci, Santa Anna y Cirras), dos estaciones en la parte sur (Cagliari y San Gilla), y Santa Catarina en la costa suroeste de la isla.  
En el primer grupo, Monte Arci y Cirras comparan bien, pero Santa Anna se despista considerablemente. El segundo grupo consiste en dos estaciones localizadas a menos de cinco kilómetros entre ellas y comparan bien.

|                | Mon | Ann | Cir | Cag | Gil | Cat |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Monte Arci     | 5.8 | 4.8 | 6.2 | 7.0 | 7.2 | 6.3 |
| Santa Anna     | 4.4 | 3.7 | 4.7 | 5.4 | 5.6 | 4.8 |
| Cirras         | 4.8 | 3.9 | 5.1 | 5.7 | 5.8 | 5.1 |
| Cagliari       | 3.5 | 2.9 | 3.6 | 4.2 | 4.3 | 3.7 |
| San Gilla      | 4.3 | 3.5 | 4.7 | 5.3 | 5.6 | 4.7 |
| Santa Caterina | 4.8 | 4.0 | 5.0 | 5.9 | 6.0 | 5.3 |

Tabla 9.29. Comparación de dos estaciones en el oeste de Grecia. Las dos estaciones se encuentran muy alejadas entre ellas y en emplazamientos topográficamente muy distintos con lo que, como era de esperar, no comparan bien.

|         | Ara | Ker |
|---------|-----|-----|
| Araxos  | 3.7 | 2.0 |
| Kerkyra | 4.1 | 2.6 |

Tabla 9.30. Comparación de siete estaciones griegas en el Mar Egeo. Las estaciones cubren una amplia zona y están mayoritariamente situadas en topografía complicada, lo que hace la intercomparación difícil.

|              | Nax | Lim | Rod | Her | Myt | Ath | The |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Naxos        | 7.0 | 4.5 | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 4.7 | 4.3 |
| Limnos (APT) | 6.4 | 5.4 | 5.4 | 5.2 | 5.1 | 4.8 | 4.1 |
| Rodos        | 5.9 | 4.8 | 4.8 | 4.5 | 4.4 | 4.2 | 3.7 |
| Heraklion    | 6.0 | 5.5 | 4.9 | 4.7 | 4.6 | 4.5 | 3.9 |
| Mytilini     | 6.8 | 5.5 | 4.4 | 5.0 | 4.8 | 4.8 | 4.1 |
| Athina       | 5.4 | 4.6 | 5.1 | 4.7 | 4.6 | 4.0 | 3.6 |
| Thessaloniki | 5.1 | 4.2 | 5.0 | 4.5 | 4.2 | 3.8 | 3.5 |

9.2 Convalidación de los mástiles meteorológicos de altura

Las intercomparaciones de las estadísticas calculadas a partir de las estaciones meteorológicas que se acaban de presentar, no nos proporcionan un juicio válido para las predicciones del modelo en el caso de alturas superiores a unas pocas decenas de metros ya que las medidas sinópticas del viento se han tomado a bajas alturas. De todas formas, existen también en Europa y otros lugares, unos cuantos mástiles de altura en los que se han medido datos de viento. Para ilustrar la posibilidad de modelar los cambios de los parámetros de Weibull a alturas superiores, vamos a utilizar los datos procedentes de seis mástiles de altura. Para cada uno de los mástiles, los datos procedentes del nivel inferior de medida se han utilizado para predecir las distribuciones del viento a los niveles superiores. Las tablas que siguen presentan los parámetros de Weibull y las densidades de potencia [Wm<sup>-2</sup>] para distribuciones medidas y predecidas en cada mástil.

Para los mástiles en Ferrel, Kivenlahti, Näsudden, Risø y Sprogø fueron estudiadas las condiciones de rugosidad del terreno circundante a partir de los mapas topográficos. Para el mástil en Cabaw se disponía de los datos sólo como una distribución frecuencial del viento totalmente independiente del azimuth, y los resultados de la asignación para dos rugosidades superficiales asignadas son los que se indican en la tabla.

Tabla 9.31. Mástil en Cabauw, Paises Bajos. Los datos se dan en forma de una tabla de frecuencias que cubre el período de un año, 1978/79. El mástil está situado en una zona rural interior de apariencia abierta en mayor escala. Arboles y setos vecinos tienen una influencia local. Se muestran los resultados para dos clases distintas de rugosidad superficial, siendo la mayor la más realista.

| Altura<br><br>z | Medido |      |     | Predecido            |      |     |                       |      |     |
|-----------------|--------|------|-----|----------------------|------|-----|-----------------------|------|-----|
|                 |        |      |     | z <sub>0</sub> = 5cm |      |     | z <sub>0</sub> = 15cm |      |     |
|                 | A      | k    | E   | A                    | k    | E   | A                     | k    | E   |
| 10 m            | 4.7    | 1.79 | 97  | 4.7                  | 1.79 | 98  | 4.7                   | 1.78 | 98  |
| 40 m            | 6.5    | 2.09 | 218 | 6.6                  | 1.99 | 235 | 6.4                   | 2.06 | 204 |
| 80 m            | 8.0    | 2.52 | 343 | 7.8                  | 2.19 | 352 | 7.5                   | 2.25 | 312 |
| 120 m           | 9.0    | 2.47 | 487 | 8.6                  | 2.23 | 473 | 8.4                   | 2.27 | 435 |
| 200 m           | 9.9    | 2.28 | 698 | 9.9                  | 2.18 | 727 | 9.9                   | 2.21 | 709 |

Tabla 9.32. Mástil en Ferrel, Portugal. Los datos cubren un período de dos años, 1977–78. Ferrel está situado en la costa, 10 km al noreste del Cabo Carvoeiro. El mástil se situó a 3.5 km al noreste del pueblo de Ferrel. La distancia al mar es de 300 m hacia el noroeste. Hacia el sureste, el paisaje es ondulado y cubierto de vegetación. Cerca del mástil el terreno lo forman dunas de arena.

| Altura<br>z | Medido |      |     | Predecido |      |     |
|-------------|--------|------|-----|-----------|------|-----|
|             | A      | k    | E   | A         | k    | E   |
| 10 m        | 5.8    | 1.83 | 171 | 5.8       | 1.83 | 171 |
| 30 m        | 7.2    | 2.09 | 289 | 7.0       | 1.94 | 286 |
| 100 m       | 8.6    | 2.33 | 450 | 8.4       | 2.04 | 467 |

Tabla 9.33. Mástil en Kivenlahti, Finlandia. Los datos cubren los años 1978-79. El mástil se encuentra situado en un bosque espeso, llegando lo alto de los árboles a una altura de 15–20 m. Alrededor del mástil se extiende un área limpia a no más de unas decenas de metros. Se consideran pues una longitud de desplazamiento de 10-m y una rugosidad superficial de 70 cm.

| Altura<br>z | Medido |      |     | Predecido |      |     |
|-------------|--------|------|-----|-----------|------|-----|
|             | A      | k    | E   | A         | k    | E   |
| 21 m        | 3.3    | 1.56 | 40  | 3.4       | 1.59 | 44  |
| 92 m        | 6.2    | 2.09 | 185 | 6.3       | 1.86 | 218 |
| 224 m       | 8.4    | 2.02 | 476 | 8.0       | 1.93 | 438 |

Tabla 9.34. Mástil en Näsudden, Suecia. Los datos cubren el período 1980–85. El mástil se encuentra en la pequeña península de Näsudden en la isla de Gotland. La distancia hasta el mar Báltico es de un poco más de un kilómetro en las direcciones desde sur hasta suroeste. En el terreno cerca del mástil se encuentran densos arbustos y árboles dispersos. Más alejado del mástil, el terreno es montañoso y con bosque.

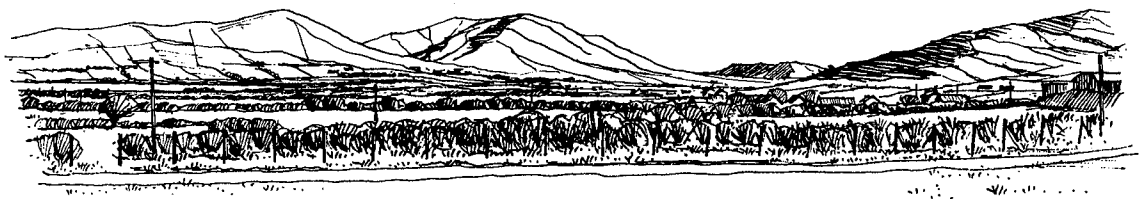
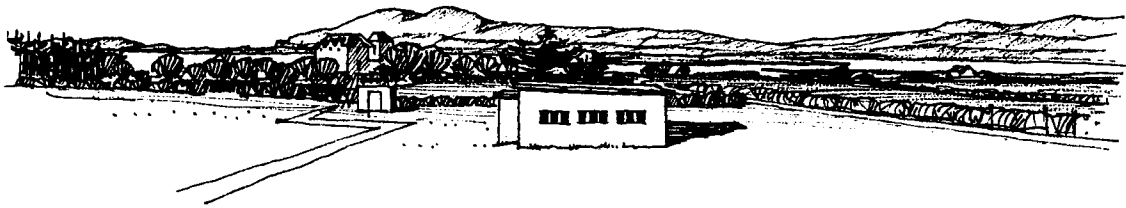
| Altura<br>z | Medido |      |      |     | Predecido |      |      |     |
|-------------|--------|------|------|-----|-----------|------|------|-----|
|             | M      | A    | k    | E   | M         | A    | k    | E   |
| 10 m        | 5.1    | 5.8  | 1.99 | 157 | 5.1       | 5.7  | 1.96 | 154 |
| 38 m        | 7.0    | 7.8  | 2.02 | 381 | 7.0       | 7.9  | 2.10 | 385 |
| 54 m        | 7.5    | 8.4  | 2.10 | 465 | 7.7       | 8.6  | 2.13 | 493 |
| 75 m        | 8.0    | 9.0  | 2.10 | 555 | 8.1       | 9.1  | 2.13 | 585 |
| 96 m        | 8.4    | 9.5  | 2.12 | 647 | 8.4       | 9.5  | 2.12 | 654 |
| 120 m       | 8.6    | 9.7  | 2.13 | 692 | 8.8       | 9.9  | 2.10 | 750 |
| 145 m       | 9.1    | 10.3 | 2.15 | 818 | 9.1       | 10.3 | 2.08 | 845 |

Tabla 9.35. Mástil en Risø, Dinamarca. Se dispone de datos continuados desde 1957 hasta ahora. Debido al cambio de las alturas de medición y del sistema de adquisición de los datos, se han utilizado aquí los datos de los últimos 10 años, cubriendo el período 1976–86. El terreno circundante es bastante inhomogéneo con el fiordo en el oeste y campo abierto al este.

| Altura<br>z | Medido |      |     | Predecido |      |     |
|-------------|--------|------|-----|-----------|------|-----|
|             | A      | k    | E   | A         | k    | E   |
| 11 m        | 5.4    | 1.87 | 135 | 5.3       | 1.87 | 134 |
| 27 m        | 6.7    | 1.99 | 249 | 6.7       | 1.96 | 254 |
| 43 m        | 7.5    | 2.05 | 332 | 7.3       | 2.11 | 302 |
| 76 m        | 8.3    | 2.20 | 428 | 8.2       | 2.25 | 403 |
| 117 m       | 9.1    | 2.30 | 536 | 9.1       | 2.29 | 535 |

Tabla 9.36. Mástil en Sprogø, Dinamarca. Los datos cubren cuatro años (1983-88). El mástil se encuentra en la pequeña isla de Sprogø en medio del Storebælt (Gran Belt). El mástil se encuentra en una larga y estrecha lengua de tierra de sólo 50 m de anchura y que se extiende 300 m al este de la propia isla. Excepto para el sector de 240°-270° el acercamiento al mástil es durante varios kilómetros por mar abierto. La distancia a la isla de Sjælland hacia el este y a Fyn hacia el oeste es de, aproximadamente, 10 km.

| Altura<br>z | Medido |      |     | Predecido |      |     |
|-------------|--------|------|-----|-----------|------|-----|
|             | A      | k    | E   | A         | k    | E   |
| 8 m         | 7.1    | 2.02 | 289 | 7.0       | 2.01 | 282 |
| 18 m        | 7.6    | 2.07 | 342 | 7.8       | 2.14 | 357 |
| 55 m        | 8.9    | 2.26 | 513 | 8.9       | 2.33 | 499 |
| 68 m        | 9.2    | 2.31 | 547 | 9.2       | 2.31 | 555 |



*Views from the Valentia Observatory , Ireland*

# Capítulo 10

## Referencias

### 10.1 Publicaciones citadas en el Atlas

- Beljaars, A.C.M, J.L. Walmsley y P.A. Taylor (1987). A mixed spectral finite-difference model for neutrally stratified boundary-layer flow over roughness changes and topography. *Boundary-Layer Meteorol.* **38**, 273–303.
- Betz, A. (1920). Das Maximum der theoretisch möglichen Ausnützung des Windes durch Windmotoren. *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen* **26**.
- Businger, J. (1973). Turbulent transfer in the atmospheric surface layer. In: Workshop on Micrometeorology. Ed. by D.A. Haugen. American Meteor. Soc., Boston, Mass. 67–100.
- Børresen, J.A. (1987). Wind atlas for the North Sea and the Norwegian Sea. Norwegian University Press y Norwegian Meteorological Institute, Oslo. 183 pp.
- Charnock, H. (1955). Wind stress on a water surface. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **81**, 639–640.
- Christensen, C.J. y J.B. Dragt (editors). Accuracy of power curve measurements. Risø-M-2632. Risø National Laboratory, Denmark, 1986. 80 pp.
- Clarke, R.H. y G.D. Hess (1974). Geostrophic departure and the functions A and B of Rossby-number similarity theory. *Boundary-Layer Meteorol.* **7**, 267–287.
- Courtney, M. S. (1988). An atmospheric turbulence data set for wind turbine research. Wind Energy Conversions 1988. Proc. of the 10th British Wind Energy Association Conference, London 22–24 March. Mechanical Engineering Publications, London, 89–94.
- Dyer, A.J. (1974). A review of flux-profile relationships. *Boundary-Layer Meteorol.* **7**, 363–372.



- Elliot D.L., C.G. Holladay, W.R. Barchet, H.P. Foote y W.F. Sandusky (1986). Wind energy resource atlas of the United States. Solar Technical Information Program, Solar Energy Research Institute, Golden, Colorado. 210 pp.
- Frandsen, S. (1987). On uncertainties in power performance measurements. Sixth ASME Wind Energy Symposium, Dallas, February 15–18, 1987. 157–169.
- Frandsen, S., A.R. Trenka y B. Maribo Pedersen (editors). Expert group study on recommended practices for wind turbine testing and evaluation, 1. Power performance testing. International Energy Agency. 1. edition, 1982. 16 pp.
- Gumbel, E. J. (1958). Statistics of extremes. Columbia University Press, New York. 375 pp.
- Huschke, R.E. (editor). Glossary of meteorology. American Meteorological Society, Boston, Massachusetts. 1959. 638 pp.
- Jackson, P.S. y J.C.R. Hunt (1975). Turbulent wind flow over a low hill. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* **101**, 929–955.
- Jensen, N.O, E.L. Petersen y I. Troen (1984). Extrapolation of mean wind statistics with special regard to wind energy applications. World Meteorological Organization, WCP-86. 85 pp.
- Lamb, H.H. (1972). Climate: present, past and future. Vol. 1: Fundamentals and climate now. Methuen & Co Ltd, London. 613 pp.
- Landsberg, H.E. y C.C. Wallén (editors). World survey of climatology. Vol. 5 (1970): Climates of northern and western Europe. 253 pp. Vol. 6 (1977): Climates of central and southern Europe. 248 pp. Elsevier, Amsterdam.
- Larsen S.E., L. Kristensen y K. Frydendahl (1988). Impact of climate variability on wind and solar energy production, on heating consumption and on atmospheric dispersion of pollutants. Risø-R-558. Risø National Laboratory, Denmark. 80 pp.
- Lettau, H. (1969). Note on aerodynamic roughness-parameter estimation on the basis of roughness-element distribution. *J. Appl. Met.* **8**, 828–832.
- Mason, P.J. y J.C. King (1985). Measurements and predictions of flow and turbulence over an isolated hill of moderate slope. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **111**, 617–640.
- Meteorological Office (1979). Upper-air summaries 1961–70. Part 1 – Stornoway. Met. O. 910a. 125 pp.
- Oberhettinger, F. (1973). Fourier expansions. A collection of formulas. Academic Press, New York and London. 64 pp.

- Panofsky, H.A. (1973). Tower micrometeorology. In: Workshop on micrometeorology. Ed. D.A. Haugen, American Meteorological Society, Boston, Mass., 151–176.
- Perera, M.D. (1981). Shelter behind two-dimensional solid and porous fences. *J. Wind Engin. and Industrial Aerodyn.* **8**, 93–104.
- Petersen, E.L. (1986). Modelling of site-specific time series of the wind speed. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 225–230.
- Petersen, E.L., I. Troen, S. Frandsen y K. Hedegaard (1981). Windatlas for Denmark. A rational method for wind energy siting. Risø-R-428. Risø National Laboratory, Denmark. 229 pp.
- Petersen, E.L., I. Troen y J. Wieringa (1984). Development of a method for wind climate analysis for non-mountainous terrain in Europe. Proceedings of the European Wind Energy Conference, Hamburg, October 22–26, 1984, 6–12.
- Petersen, E.L. y I. Troen (1986). The European wind atlas. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 191–200.
- Planstyrelsen (1981). Store vindmøller i Danmark. Bind 1-2 (in Danish). Planstyrelsen, Miljøministeriet, København, Denmark.
- Rao, K.S., J.C. Wyngaard y D.R. Coté (1974). The structure of the two-dimensional internal boundary layer over a sudden change of surface roughness. *J. Atmos. Sci.* **26**, 432–440.
- Rossby C.-G. y R.B. Montgomery (1935). The layer of frictional influence in wind and ocean currents. *Papers in Phys. Oceanogr. Meteor.*, MIT and Woods Hole Oceanogr. Inst., III no. 3. 101 pp.
- Rutkis, J. (1971). Tables on relative relief in middle and western Europe. University of Uppsala, Department of Physical Geography, UNGI Rapport 9. 21 pp.
- Sacré, C. (1987). European wind atlas – estimation of the wind speed perturbation over some mountainous regions. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes, EN-CLI 87–13. 417 pp.
- Salmon J.R., A.J. Bowen, A.M. Hoff, R. Johnson, R.E. Mickle, P.A. Taylor, G. Tetzlaff y J.L. Walmsley (1987). The Askervein Hill Project: Mean wind variations at fixed height above ground. *Boundary-Layer Meteorol.* **43**, 247–271.
- Sempreviva, A.M., S.E. Larsen, N.G. Mortensen and I. Troen (1990). Response of neutral boundary layers to changes of roughness. *Boundary-Layer Meteorology* **50**: 205–225.

- Taylor, P.A. y H.W. Teunissen (1987). The Askervein Hill Project: Overview and background data. *Boundary-Layer Meteorol.* **39**, 15–39.
- Taylor, P.A., J.L. Walmsley y J.R. Salmon (1983). A simple model of neutrally stratified boundary-layer flow over real terrain incorporating wavenumber-dependent scaling. *Boundary-Layer Meteorol.* **26**, 169–189.
- Troen, I. y A.F. de Baas (1986). A spectral diagnostic model for wind flow simulation in complex terrain. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 243–249.
- Walmsley, J.L., J.R. Salmon y P.A. Taylor (1982). On the application of a model of boundary-layer flow over low hills to real terrain. *Boundary-Layer Meteorol.* **23**, 17–46.
- Wegley H.L., J.V. Ramsdell, M.M. Orgill, R.L. Drake (1980). A siting handbook for small wind energy conversion systems. PNL–2521, Rev 1. Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington. 55 pp.
- Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *J. Appl. Mech.* **18**, 293–297.
- William-Olsson, W. (1974). A map of the relative relief of the western half of Europe, 1:4 000 000. Esselte Map Service, Stockholm.

## 10.2 Estudios del clima eólico en Europa<sup>1</sup>

Cantidad de publicaciones climatológicas existen por todos los países de Europa, la mayoría de ellas publicadas en el idioma original del país. A partir de estas fuentes puede sacarse información de distintas variables del clima, como por ejemplo la temperatura, la precipitación y la radiación solar. Desafortunadamente, la climatología eólica es casi siempre omitida o ampliamente resumida y presentada únicamente en forma de rosas de viento y medias mensuales de los vientos medidos. A pesar de estos inconvenientes, estas publicaciones pueden dar información suplementaria a la del Atlas Eólico.

Algunos datos de viento no incluidos en el Atlas, como por ejemplo las estadísticas de los vientos extremos, pueden encontrarse en las publicaciones de climatología eólica que se indican abajo. La primera lista se ha ordenado en cuanto a los temas y da pequeñas referencias país a país (la referencia bibliográfica completa se halla en la segunda lista). En la segunda lista se dan las publicaciones para cada país ordenadas alfabéticamente.

---

<sup>1</sup>Recopilados por J. Wieringa, Royal Netherlands Meteorological Institute.

## Referencias sobre climatología eólica por temas y por país

### Promedios de vientos superficiales

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Alemania (FRG):            | Christoffer y Ulbricht-Eissing (1989)                   |
| Bélgica:                   | Malet (1978)  |
| Dinamarca:                 | Larsen y Jensen (1983)                                  |
| Francia:                   | Duchêne-Marullaz (1977)                                 |
| Grecia:                    | Carapiperis (1970), Metaxas (1973), Lalas et al. (1983) |
| Irlanda:                   | Rohan (1986)  |
| Italia:                    | Lavagnini et al. (1982, 1983, 1985)                     |
| Países Bajos:              | Wieringa y Rijkoort (1983), Wieringa (1986)             |
| Reino Unido:               | Caton (1976)  |
| Todos los países europeos: | Landsberg y Wallén (1970, 1977)                         |

### Distribución frecuencial de vientos en superficie

Las distribuciones que dan una clasificación en más de 12 clases de Beaufort, no se han incluido en la lista. En cambio, sí se han incluido las publicaciones de los parámetros de Weibull.

|                 |  |
|-----------------|--|
| Alemania (FRG): | Christoffer y Ulbricht-Eissing (1989)                        |
| Bélgica:        | Bodeux (1977), Malet (1978)                                  |
| Dinamarca:      | Frydendahl (1971), Petersen et al. (1981)                    |
| Francia:        | Duchêne-Marullaz (1977)<br>Chémery y Duchêne-Marullaz (1987) |
| Grecia:         | Galanis (1977), Lalas et al. (1983)                          |
| Irlanda:        | Butler y Farley (1973), Rohan (1986)                         |
| Italia:         | Lavagnini et al. (1982, 1983, 1985)                          |
| Países Bajos:   | Wieringa y Rijkoort (1983)                                   |
| Reino Unido:    | Shellard (1968)  |

### Otras estadísticas de vientos en superficie

|                 |   |
|-----------------|---|
| Alemania (FRG): | Christoffer y Ulbricht-Eissing (1989)     |
| Dinamarca:      | Frydendahl (1971), Larsen y Jensen (1983) |
| Francia:        | Chémery y Duchêne-Marullaz (1987)         |
| Italia:         | Lavagnini y Martorelli (1987)             |
| Países Bajos:   | Wieringa y Rijkoort (1983)                |
| Reino Unido:    | Cook (1985)                               |

**Estadísticas de vientos para distintas alturas**

|                 |   |
|-----------------|---|
| Alemania (FRG): | Frankenberger (1968), Fiedler (1970)<br>Manier y Benesch (1977), Tetzlaff et al. (1984)<br>Christoffer y Ulbricht-Eissing (1989)<br>Wieringa (1989) |
| Bélgica:        | Van der Auwera et al. (1980)  |
| Dinamarca:      | Petersen et al. (1981), Larsen y Jensen (1983)  |
| Francia:        | Dettwiller (1969)   |
| Países Bajos:   | Wieringa (1988, 1989)   |

**Vientos extremos, tornados, etc.**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Alemania (FRG):            | Schmidt (1980), Schroers y Lösslein (1983)<br>Böllmann y Jurksch (1984), Duensing et al. (1985) |
| Bélgica:                   | Sneyers y Van Diepenbeeck (1982)  |
| Dinamarca:                 | Jensen y Franck (1970)  |
| Francia:                   | Chémery y Duchêne-Marullaz (1987)   |
| Irlanda:                   | Logue (1975), Rohan (1986)  |
| Italia:                    | Palmieri y Pulcini (1979), Gaudiosi et al. (1985)   |
| Países Bajos:              | Rijkoort (1983), Wieringa y Rijkoort (1983)<br>Wieringa (1986)                                  |
| Reino Unido:               | Hardman et al. (1973), Meaden (1976), Cook (1985)<br>Cook y Prior (1987)                        |
| Todos los países europeos: | Ferry Borges y Castanheta (1973), Berz (1980)   |

**Selección de estudios con datos de vientos locales**

|                 |  |
|-----------------|--|
| Alemania (FRG): | Franken (1962), Cappel y Kalb (1976)<br>Kalb y Schmidt (1977), Schäfer (1982), Lefebvre et al. (1983)<br>Bätjer y Heinemann (1983), Höschele y Kalb (1988) |
| España          | Adell et al. (1985, 1987), Catalunya (1985)  |
| Francia         | Bordreuil et al. (1973), Orioux y Pouget (1984)<br>Delaunay (1984), Delaunay y Sacré (1985)<br>Ascensio (1985)   |
| Grecia:         | Livadas y Sahsamanogolou (1973), Lalas (1985)<br>Katsoulis y Kambezidis (1986), Dikaiakos (1986)   |
| Irlanda:        | DHI (1976)   |
| Italia:         | Bassani et al. (1986), D'Alessandro et al. (1981)<br>Flocchini et al. (1983), Fantuzi (1987)   |
| Países Bajos:   | Van der Hoeven (1975)<br>Van der Hoeven y Van Vliet (1986), Oemraw (1982–1986)   |
| Portugal:       | Mendes y Coelho (1987)   |
| Reino Unido:    | Smith (1982)   |

**Información de revistas**

|                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| Alemania (FRG)             | Kant (1980)                     |
| Francia:                   | Desroziers y Vivier (1985)      |
| Países Bajos:              | Wieringa (1983)                 |
| Reino Unido:               | Collingbourne (1978)            |
| Todos los países europeos: | Landsberg y Wallén (1970, 1977) |

**Listado de publicaciones por países****Alemania (FRG)**

Böllmann, G. y G. Jurksch (1984). Ein Beitrag zur Festlegung der Grundwind- und Nennböengeschwindigkeit im Binnenland der Bundesrepublik Deutschland für die DIN-Norm 1055, Teil 4. *Meteor. Rundschau* **37**, 1–10.

Christoffer, J. y M. Ulbricht-Eissing (1989). Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland, Ber. D. Wetterd. 147.

Das Klima ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland

- Hamburg (Cappel, A. y M. Kalb (1976). Ber. D. Wetterd. 141)
- Hannover (Kalb, M. y H. Schmidt (1977). Ber. D. Wetterd. 143)
- München (Schäfer, P.J. (1982). Ber. D. Wetterd. 159)
- Bremen (Bätjer, D. y H.J. Heinemann (1983). Ber. D. Wetterd. 164)
- Karlsruhe (Höschele, K. y M. Kalb (1988). Ber. D. Wetterd. 174)

Duensing, G., O. Höflich, L. Kaufeld, H. Schmidt, G. Olbrück y B. Brandt (1985). Meteorologische Untersuchungen über Stürme an der deutschen Nordseeküste. Seewetteramt D. Wetterd. 108.

Fiedler, F. (1970). Klimawerte zur Temperatur- und Windschichtung in den untersten 50 m der Atmosphäre. *Meteor. Inst. Univ. München Wiss. Mitt.* 18.

Franken, E. (1962). Über den Geländeeinfluss auf Windrichtung und Windgeschwindigkeit im Raum Hamburg. Seewetteramt D. Wetterd. 34.

Frankenberger, E. (1968). Untersuchungen über Intensität, Häufigkeit und Struktur von Starkwinden über Quickborn in Holstein. *Meteor. Rundschau* **21**, 65–69.

Kant, V. (1980). Die räumliche Verteilung der Beobachtungsstationen in der Bundesrepublik Deutschland, ihre Nichtbesetzung während der Nacht sowie an Sonn- und Feiertagen, und die resultierende Problematik. *Ann. Meteor.* **16**, 169–170.

Lefebvre, C., G. Jurksch, H. Schmidt, B. Morgeneyer y M. Ulbricht-Eissing (1983). Die Verhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland in Hinblick auf die Nützung der Windkraft (insbesondere Verbundnetzplanung). Ber. D. Wetterd. 165.

Manier, G. y W. Benesch (1977). Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeit bis 250 m Höhe für die Bundesrepublik Deutschland. *Meteor. Rundschau* **30**, 144–152.

Schmidt, H. (1980). Zur Extrapolation empirische Verteilungen der Windgeschwindigkeit für Standorte in Flachland und auf freier See. *Meteor. Rundschau* **33**, 129–137.

Schroers, H. y H. Lösslein (1983). Extremwertextrapolation und Windprofile bei Starkwind und Sturm. *Meteor. Rundschau* **36**, 205–213

Tetzlaff, G., S. Theunert, A. Hoff, H. Laude, H.J. Belitz y R. Beyer (1984). Meteorologische Messungen zur Standortwahl für Windenergieanlagen im Küstengebiet. B. Min. Forsch. Tech. FB-T 84–017.

### **Bélgica**

Bodeux, A. (1977). La vitesse et la direction du vent en Belgique; de windsnelheid en windrichting in België. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 42.

Malet, L.M. (1978). Elements d'appréciation de l'énergie éolienne en Belgique. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 95.

Sneyers, R. y M. Van Diepenbeeck (1982). L'orientation des pointes maximales du vent en Belgique. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 114.

Van der Auwera, L., F. De Meyer y L.M. Malet (1980). The use of the Weibull three-parameter model for estimating mean wind power densities. *J. Appl. Met.* **19**, 819–825.

### **Dinamarca**

Frydendahl, K. (1971). The climate of Denmark I: Wind standard normals 1931–1960. Clim. Pap. 1, Danish Meteor. Inst., Copenhagen.

Jensen, M. y N. Franck (1970). The climate of strong winds in Denmark. Danish Techn. Press, Copenhagen.

Larsen, S.E. y N.O. Jensen (1983). Summary and interpretation of some Danish climate statistics. Risø–R–399. Risø National Laboratory, Denmark. 76 pp.

Petersen, E.L., I. Troen, S. Frandsen y K. Hedegaard (1981). Windatlas for Denmark. A rational method for wind energy siting. Risø–R–428. Risø National Laboratory, Denmark. 229 pp.

**España**

- Adell, L., R. Zubiaur y P. Moreno (1985). Estudio del potencial eólico en Asturias. *Bol. Cien. Nat. IDEIA* **35**, 3–26.
- Adell, L., R. Zubiaur, F. Martín, F. Ferrando, P. Moreno, L. Varona y A. Pantoja (1987). Development of a methodology for the estimation of wind energy resources in relatively large áreas: application to the eastern and central parts of Spain. *Solar Energy* **38**, 281–295.
- Catalunya, Atlas éolic – resultats del primer any (Octubre 84 a Novembre 85). Dir. Gen. Energia, Barcelona. ISBN 84–393–0766–7.

**Francia**

- Ascensio, N. et al. (1985–). Eléments climatologiques concernant les côtes de la France métropolitaine. 8 volumes. Météo. Nation. Données et Statistiques 8.
- Bordreuil, C., A. Barbia y P. Conte (1973). Vents de nord-ouest et “mistral” à Marseille de 1882 à 1970. Monogr. Météo. Nation. 88.
- Chémery, L. y P. Duchêne-Marullaz (1987). Atlas climatique de la construction. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. 182 pp.
- Delaunay, D. (1984). Cartographie régionale de l'énergie éolienne – application à la Bretagne. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 84–20.
- Delaunay, D. y C. Sacré (1985). Cartographie du potentiel éolien en zone montagneuse – application à la Corse. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 85–2.
- Desroziers, M. y J.F. Vivier (1985). Catalogue des données météo pour la France disponibles sur fichier informatisé. Météo. Nation. Mes & Obs. No 9.
- Dettwiller, J. (1969). Le vent au sommet de la Tour Eiffel. Monogr. 64, Météorologie Nationale, Boulogne-Billancourt.
- Duchêne-Marullaz, P. (1977). Distributions statistiques et cartographie des vitesses moyennes de vent en France; applications à l'énergie éolienne. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 77–1.
- Orieux, A. y E. Pouget (1984). Le mistral. Monogr. Météo. Nation. 5.

**Grecia**

- Carapiperis, L.N. (1970). Geographical distribution of intensity of Etesian winds in the Aegean sea. Hupom. Ethn. Asterosc. Athin. II–22.



- Dikaiakos, J.G. (1986). The law of evolution of wind speed over central Athens during the period 1908–1981. *J. Meteor.* **11**, 113–116.
- Galanis, N. (1977). The production of electricity from the wind: a preliminary feasibility study for Greece. *Wind Engin.* **1**, 241–249.
- Katsoulis, B.D. y H.F.D. Kambezidis (1986). Surface winds and horizontal mesoscale wind spectra in Athens, Greece. *Il Nuovo Cimento* **9 C**, 1093–1109.
- Lalas, D.P., H. Tselepidaki y G. Theoharatos (1983). An analysis of wind power potential in Greece. *Solar Energy* **30**, 497–505.
- Lalas, D.P. (1985). Wind energy estimation and siting in complex terrain. *Internat. J. Solar Energy* **3**, 43–71.
- Livadas, G.C. y C.S. Sahsamanogolou (1973). Wind in Thessaloniki, Greece. Publ. Meteor. Inst. Univ. Thessaloniki 35.
- Metaxas, D.A. (1973). Air-sea-interaction in the Greek seas and resulting Etesian wind characteristics. Univ. Ioannina Dept. Phys. Math. 5.

### **Irlanda**

- Butler P. y B.C. Farley (1973). Surface wind over Ireland 1961–1970. Meteor. Serv. Dublin Clim. Note 2.
- Deutsche Hydrograph. Institut (1976). Handbuch für Bristol Channel und die Süd- und Westküste Irlands. Klima und Wetter, Teil B, (Naturverhältnisse), 47–75.
- Logue, J.J. (1975). Extreme wind speeds in Ireland for periods ending in 1974. Meteor. Serv. Dublin Techn. Note 41.
- Rohan, P.K. (1986). The climate of Ireland (2nd edition). Stationery Office, Dublin.

### **Italia**

- Bassani, S., G. Botta y R. Castagna (1986). Risultati acquisiti nella gestione della rete anemometrica attivata nell'ambito del progetto Vele. ENEL Rassegna Tecnica di Problemi dell'Energia Elettrica **3-4**, 38–67.
- D'Alessandro, L., L. Davoli y A. Giallombardo (1981). Regime anemometrico del litorale tirrenico della Calabria. *Riv. Meteor. Aeron.* **41**, 137–151.
- Fantuzi, A. (1987). L'energia eolica nelle Marche. *Riv. Meteor. Aeron.* **47**, 17–26.
- Flocchini, G., V. Pasquale y V. Sciarrone (1983). Wind energy conversion over the Ligurian Apennines. *Arch. Meteor. Geoph. Biokl. B* **32**, 253–261.

- Gaudiosi, G., D. Montani y L. Pirazzi (1985). Exceptional wind events in Italy. Proc. Delphi Workshop Wind Energ. Appl., Reidel, Dordrecht, 113-122.
- Lavagnini, A., G. Stellato y F. Fisauli (1982). Calcolo della potenzialità eolica per 48 località italiane. *Energie Alternative* 4, 30-39.
- Lavagnini, A. y G. Stellato (1983). Rappresentazione analitica delle distribuzioni di velocità del vento. *Energie Alternative* 5, 35-41.
- Lavagnini, A., A.M. Sempreviva y G. Tosato (1985). Studio dell'errore introdotto dalla incompletezza dei dati nel calcolo dell'energia eolica. *Energie Alternative* 7, 212-218.
- Lavagnini, A. y S. Martorelli (1987). Wind persistence in 135 Italian localities. *Il Nuovo Cimento* 10 C, 651-667.
- Palmieri, S. y A. Pulcini (1979). Trombe d'aria sull'Italia. *Riv. Meteor. Aeron.* 39, 263-277.

### Países Bajos

- Oemraw, B. (1982-1986). Stationsbeschrijvingen windwaarneming  
 – Schiphol, 1937-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 5a (1982)  
 – Leeuwarden (VB), 1949-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 28 (1982)  
 – Eindhoven (VB), 1949-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 29 (1982)  
 – Den Helder, 1843-1972, en De Kooy, 1955-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 42 (1984).  
 – IJmuiden, 1919-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 73 (1985).  
 – Eelde, 1945-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 78 (1985).  
 – Terschelling, 1949-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 86 (1986).
- Rijkoort, P.J. (1983). A compound Weibull model for the description of surface wind velocity distributions. Roy. Neth. Meteor. Inst. Sc. R. 83-13.
- Van der Hoeven, P.C.T. (1975). Windmetingen in het Deltagebied. Roy. Neth. Meteor. Inst. Sc. R. 75-5.
- Van der Hoeven, P.C.T. y G. Van Vliet (1986). Eindrapport Deltaonderzoek. Roy. Neth. Meteor. Inst. Publ. 169.
- Wieringa, J. (1983). Overzicht van publikaties over het Nederlands windklimaat. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 41.
- Wieringa, J. (1986). Roughness-dependent geographical interpolation of surface wind speed averages. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* 112, 867-889.
- Wieringa, J. (1988). Kartering van Nederland's windklimaat boven 40 m hoogte. Proc. Nation. Wind Energy Conf., Energie Anders, Rotterdam, 102-106.

Wieringa, J. (1989). Shapes of annual frequency distributions of wind speed observed on high meteorological masts. *Boundary-Layer Meteorol.* **47**, 85–110.

Wieringa, J. y P.J. Rijkoort (1983). Windklimaat van Nederland. Publ. Staatsuitgeverij, Den Haag. 263 pp.

### **Portugal**

Mendes, J.C., Coelho, M.F. (1987). Potencialidades da energia eólica. I: Vila do Bispo. II: Aljezur. Monogr. Meteor. Geof., Serv. Meteor. Lisboa, 1 & 2.

### **Reino Unido**

Caton, P.G.F. (1976). Maps of hourly wind speed over the United Kingdom 1965–1973. Met. Off. Clim. Memo 79.

Collingbourne, R.H. (1978). Wind data available in the Meteorological Office. *J. Industr. Aerodyn.* **3**, 145–155.

Cook, N.J. (1985a). The assessment of design wind speed data: manual worksheets with ready-reckoner tables. Rep. Build. Res. Est., Garston, Watford. ISBN 0 85 125 1765.

Cook, N.J. (1985b). The designer's guide to wind loading of building structures. Part 1: Background, damage survey, wind data and structural classification. Rep. Build. Res. Est., Garston, Watford. Butterworths, U.K.

Cook, N.J. y M.J. Prior (1987). Extreme wind climate of the United Kingdom. *J. Wind Engin. Industrial Aerodyn.* **26**, 371–389.

Hardman, C.E., N.C. Helliwell y J.S. Hopkins (1973). Extreme wind speed over the United Kingdom for periods ending 1971. Met. Off. Clim. Memo 50A.

Meaden, G.T. (1976). Tornadoes in Britain: their intensities and distribution in space and time. *J. Meteor.* **1**, 242–251.

Shellard, H.C. (1968). Tables of surface wind speed and direction over the United Kingdom for 1950–1959. HMSO Met. Off. 792.

Smith, S.G. (1982). An index of windiness for the United Kingdom. *Meteor. Mag.* **111**, 232–247.

**Todos los países europeos**

- Berz, G. (1980). Das Trombenrisiko in Europa nach Untersuchungen Alfred Wegeners. *Ann. Meteor.* **15**, 74–76.
- Ferry Borges, J. y M. Castanheta (1973). Wind in Western Europe. Lab. Noc. Eng. Civ. Lisboa Proc. 34/13/4047.
- Landsberg, H.E. y C.C. Wallén (editors). World Survey of Climatology. Elsevier, Amsterdam. Vol. **5** (1970). Climates of Northern and Western Europe. 253 pp. Vol. **6** (1977). Climates of Central and Southern Europe. 248 pp.



# Apéndice A

## Lista de símbolos

Un vector se indica por ' $\vec{x}$ ', un apóstrofo ' $x'$ ' significa desviación del valor medio y una barra ' $\bar{x}$ ' indica valor medio. A continuación, se incluyen algunas de las abreviaciones utilizadas en el texto.

|            |  |
|------------|--|
| $a$        | pendiente de las funciones $\psi$ respecto al estado neutro  |
| $A$        | parámetro de escala en la distribución de Weibull, constante empírica en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica ( $= A(0)$ ) |
| $A(\mu)$   | función empírica en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica   |
| $A_H$      | área horizontal para un elemento de rugosidad  |
| $A_R$      | área del rotor, área barrida   |
| $b$        | constante  |
| $B$        | constante empírica en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica ( $= B(0)$ )  |
| $B(\mu)$   | función empírica en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica   |
| $c$        | anchura constante de la zona costera   |
| $c_p$      | calor específico del aire a presión constante  |
| $c_j^n$    | jésimo cero de la $n$ ésima función de Bessel ( $J_n(c_j^n) = 0$ )   |
| $C_p(u)$   | eficiencia para la velocidad del viento $u$  |
| $C_p(u_m)$ | eficiencia máxima  |
| $C, Cor$   | factores de corrección   |
| $D$        | distancia, ángulo del viento   |
| $E$        | longitud este, coordenada este de UTM  |
| $E$        | densidad de potencia media disponible (corriente energética)   |
| $E(u)$     | densidad de potencia media disponible a la velocidad del viento $u$  |
| $\exp(x)$  | función exponencial  |
| $f$        | parámetro de Coriolis, frecuencia de aparición   |

|                           |   |
|---------------------------|---|
| $f_E$                     | factor de conversión para la densidad de energía                                  |
| $f_u$                     | factor de conversión para la velocidad del viento                                 |
| $f(u)$                    | distribución de Weibull (función de densidad de distribución)                     |
| $f(z)$                    | función del perfil de velocidad   |
| $F$                       | factor de forma   |
| $F(u)$                    | distribución de Weibull (función acumulativa de probabilidad)                     |
| $F_A(k)$                  | función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.6                                      |
| $F_E(k)$                  | función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.2                                      |
| $F_k(M^2/\overline{u^2})$ | función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.5                                      |
| $F_M(k)$                  | función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.3                                      |
| $F_u(k)$                  | función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.4                                      |
| $g$                       | aceleración de la gravedad  |
| $G$                       | velocidad del viento geostrófico  |
| $G_k(\alpha)$             | función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.7                                      |
| GMT                       | Tiempo del Meridiano de Greenwich   |
| $h$                       | altura del elemento de rugosidad, obstáculo, colina, y capa fronteriza interna    |
| $H$                       | altura, altura del buje   |
| $H_0$                     | flujo de calor en superficie  |
| $i$                       | índice, unidad imaginaria, intensidad de turbulencia                              |
| IBL                       | capa fronteriza interna   |
| $j$                       | índice  |
| $J_n$                     | función de Bessel de $n$ ésimo orden  |
| $k$                       | parámetro de forma de la distribución de Weibull, índice                          |
| $K$                       | coeficiente   |
| $\ell$                    | distancia, altura del máximo incremento relativo de la velocidad                  |
| $L$                       | distancia, longitud, mitad de la anchura de una colina, longitud de Monin-Obukhov |
| $\ln(x)$                  | función del logaritmo neperiano   |
| $m$                       | constante   |
| $M$                       | valor medio   |
| m s.n.m.                  | Metros sobre el nivel del mar   |
| m s.n.s.                  | Metros sobre el nivel del suelo   |
| $\max(x, y)$              | valor máximo entre $x$ e $y$  |
| $\min(x, y)$              | valor mínimo entre $x$ e $y$  |
| $n$                       | índice  |
| N                         | latitud norte, Coordenada norte de UTM  |

|                  |  |
|------------------|--|
| $P$              | potencia media (promedio a gran escala), porosidad de un obstáculo                 |
| p.e.             | por ejemplo  |
| $P_{max}$        | potencia nominal   |
| $P(u)$           | potencia media a la velocidad del viento $u$                                       |
| $Pr$             | probabilidad   |
| $Pr(u)$          | función densidad de probabilidad   |
| $r$              | índice, radio  |
| rms              | raíz cuadrática media  |
| rpm              | revoluciones por minuto  |
| $R$              | radio  |
| $R_1, R_2$       | factores de reducción por resguardo  |
| $Ro$             | número de Rossby superficial   |
| $s$              | índice, pendiente de la curva de potencia  |
| s.n.s.           | Altura sobre el nivel del suelo  |
| s.n.m.           | Altura sobre el nivel del mar  |
| $S$              | desviación típica, sección transversal   |
| $t$              | tiempo   |
| $T$              | período de tiempo, temperatura absoluta  |
| $T_0$            | temperatura absoluta superficial   |
| $u$              | velocidad del viento, componente horizontal de la velocidad del viento (eje- $x$ ) |
| $\vec{u}$        | vector velocidad del viento  |
| $u_m$            | velocidad del viento a la que la eficiencia del aerogenerador es máxima            |
| $u_p$            | velocidad del viento correspondiente a la potencia $P$                             |
| $u_0$            | velocidad de referencia del viento   |
| $u_*$            | velocidad de rozamiento  |
| $u_{*0}$         | velocidad de rozamiento superficial  |
| $u(z)$           | velocidad del viento a la altura $z$   |
| $\overline{u^2}$ | valor cuadrático medio de la velocidad del viento                                  |
| UTC              | Coordenadas del Tiempo Universal (iguales a GMT)                                   |
| UTM              | Universal Transverse Mercator  |
| $v$              | componente horizontal de la velocidad del viento (eje- $y$ )                       |
| $w$              | factor de ponderación, componente vertical de la velocidad del viento (eje- $z$ )  |
| $w_0$            | velocidad vertical del viento inducida por el terreno                              |
| $W$              | longitud oeste   |
| $W$              | factor de ponderación  |



|                |  |
|----------------|--|
| $x$            | distancia  |
| $z$            | altura por encima del suelo  |
| $z_m$          | altura de la mínima varianza de la velocidad del viento            |
| $z_0$          | parámetro de aspereza  |
| $z_0^R$        | parámetro de aspereza ponderado en una región                      |
| $\alpha$       | velocidad del viento dividida por $A$ , ángulo, constante          |
| $\beta$        | constante  |
| $\gamma(x, y)$ | función gamma incompleta   |
| $\Gamma(x)$    | función gamma  |
| $\Delta$       | operador diferencia, error relativo, factor de ponderación, offset |
| $\Delta S$     | aumento relativo de la velocidad ( $\Delta S = (u_2 - u_1)/u_1$ )  |
| $\Delta S_H$   | aumento relativo de la velocidad a la altura $H$                   |
| $\nabla$       | operador gradiente   |
| $\eta$         | constante, función   |
| $\theta$       | ángulo de paso   |
| $\kappa$       | constante de von Kármán ( $= 0.4$ )                                |
| $\lambda$      | longitud   |
| $\mu$          | parámetro de estabilidad   |
| $\nu$          | viscosidad cinemática  |
| $\rho$         | densidad del aire  |
| $\sigma$       | desviación típica  |
| $\tau$         | tensión superficial  |
| $\phi$         | latitud, ángulo, azimut  |
| $\chi$         | potencial  |
| $\psi$         | función empírica de estabilidad en el perfil de vientos            |

# Apéndice B

## Tablas auxiliares

Tabla B.1. Densidad del aire  $\rho$  [ $\text{kg m}^{-3}$ ] como función de la altitud  $z$  [m] y temperatura media ( $-25$  to  $40^\circ\text{C}$ ) a la misma altitud  $z$ . Se toma para el decrecimiento de la temperatura un valor de  $6.5 \text{ K km}^{-1}$  y una presión al nivel del mar de  $1013.25 \text{ mb}$ .

| $z$ | -5    | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0   | 1.316 | 1.292 | 1.269 | 1.247 | 1.225 | 1.204 | 1.184 | 1.164 | 1.145 | 1.127 |
| 100 | 1.300 | 1.276 | 1.254 | 1.232 | 1.211 | 1.190 | 1.170 | 1.151 | 1.133 | 1.115 |
| 200 | 1.283 | 1.260 | 1.238 | 1.217 | 1.196 | 1.176 | 1.157 | 1.138 | 1.120 | 1.103 |
| 300 | 1.267 | 1.245 | 1.223 | 1.202 | 1.182 | 1.163 | 1.144 | 1.126 | 1.108 | 1.091 |
| 400 | 1.251 | 1.230 | 1.208 | 1.188 | 1.169 | 1.150 | 1.131 | 1.113 | 1.096 | 1.079 |

| $z$ | -10   | -5    | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 500 | 1.258 | 1.236 | 1.214 | 1.194 | 1.174 | 1.155 | 1.136 | 1.118 | 1.101 | 1.084 |
| 600 | 1.242 | 1.220 | 1.199 | 1.179 | 1.160 | 1.141 | 1.123 | 1.106 | 1.089 | 1.072 |
| 700 | 1.226 | 1.205 | 1.185 | 1.165 | 1.146 | 1.128 | 1.110 | 1.093 | 1.077 | 1.061 |
| 800 | 1.210 | 1.190 | 1.170 | 1.151 | 1.133 | 1.115 | 1.098 | 1.081 | 1.065 | 1.049 |
| 900 | 1.195 | 1.175 | 1.156 | 1.138 | 1.120 | 1.102 | 1.085 | 1.069 | 1.053 | 1.038 |

| $z$  | -15   | -10   | -5    | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1000 | 1.200 | 1.180 | 1.161 | 1.142 | 1.124 | 1.106 | 1.089 | 1.073 | 1.057 | 1.042 |
| 1100 | 1.184 | 1.165 | 1.146 | 1.128 | 1.111 | 1.094 | 1.077 | 1.061 | 1.045 | 1.030 |
| 1200 | 1.169 | 1.151 | 1.132 | 1.115 | 1.097 | 1.081 | 1.065 | 1.049 | 1.034 | 1.019 |
| 1300 | 1.154 | 1.136 | 1.118 | 1.101 | 1.084 | 1.068 | 1.052 | 1.037 | 1.022 | 1.008 |
| 1400 | 1.140 | 1.122 | 1.105 | 1.088 | 1.072 | 1.056 | 1.040 | 1.025 | 1.011 | 0.997 |

| $z$  | -20   | -15   | -10   | -5    | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.143 | 1.125 | 1.108 | 1.091 | 1.075 | 1.059 | 1.043 | 1.028 | 1.014 | 1.000 |
| 1600 | 1.128 | 1.111 | 1.094 | 1.078 | 1.062 | 1.046 | 1.031 | 1.017 | 1.003 | 0.989 |
| 1700 | 1.114 | 1.097 | 1.081 | 1.065 | 1.049 | 1.034 | 1.019 | 1.005 | 0.991 | 0.978 |
| 1800 | 1.100 | 1.083 | 1.067 | 1.052 | 1.037 | 1.022 | 1.008 | 0.994 | 0.980 | 0.967 |
| 1900 | 1.086 | 1.070 | 1.054 | 1.039 | 1.024 | 1.010 | 0.996 | 0.983 | 0.969 | 0.957 |

| $z$  | -25   | -20   | -15   | -10   | -5    | 0     | 5     | 10    | 15    | 20    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2000 | 1.088 | 1.072 | 1.056 | 1.041 | 1.026 | 1.012 | 0.998 | 0.985 | 0.971 | 0.959 |
| 2100 | 1.074 | 1.058 | 1.043 | 1.028 | 1.014 | 1.000 | 0.987 | 0.973 | 0.961 | 0.948 |
| 2200 | 1.060 | 1.045 | 1.030 | 1.016 | 1.002 | 0.988 | 0.975 | 0.962 | 0.950 | 0.938 |
| 2300 | 1.046 | 1.031 | 1.017 | 1.003 | 0.990 | 0.977 | 0.964 | 0.951 | 0.939 | 0.927 |
| 2400 | 1.033 | 1.018 | 1.005 | 0.991 | 0.978 | 0.965 | 0.953 | 0.941 | 0.929 | 0.917 |

Tabla B.2. Tabla de  $F_E(k)$ . Tabla para calcular la densidad total de energía en el viento a partir de los parámetros de Weibull  $A$  y  $k$  (Ec.. 5.4). El valor de  $F_E(k)$  se halla en la tabla entrando valores del parámetro  $k$ . Con los dos primeros dígitos del valor de  $k$  escogemos la fila de la tabla que nos corresponde, y la columna la dará el tercer dígito. Si se toma para la densidad del aire un valor de  $1.225 \text{ kg m}^{-3}$ , entonces la densidad de potencia expresada en  $[\text{kWh m}^{-2} \text{y}^{-1}]$  será  $E = A^3 F_E(k)$ .

|     | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.0 | 32.220 | 31.044 | 29.940 | 28.902 | 27.926 | 27.006 | 26.139 | 25.321 | 24.547 | 23.816 |
| 1.1 | 23.123 | 22.467 | 21.845 | 21.254 | 20.692 | 20.159 | 19.651 | 19.167 | 18.706 | 18.266 |
| 1.2 | 17.846 | 17.445 | 17.062 | 16.696 | 16.345 | 16.009 | 15.687 | 15.379 | 15.082 | 14.798 |
| 1.3 | 14.525 | 14.263 | 14.011 | 13.768 | 13.535 | 13.310 | 13.093 | 12.885 | 12.683 | 12.489 |
| 1.4 | 12.302 | 12.121 | 11.946 | 11.777 | 11.614 | 11.456 | 11.304 | 11.156 | 11.013 | 10.874 |
| 1.5 | 10.740 | 10.610 | 10.484 | 10.361 | 10.243 | 10.128 | 10.016 | 9.907  | 9.802  | 9.699  |
| 1.6 | 9.600  | 9.503  | 9.409  | 9.318  | 9.229  | 9.142  | 9.058  | 8.976  | 8.896  | 8.818  |
| 1.7 | 8.742  | 8.668  | 8.596  | 8.526  | 8.457  | 8.390  | 8.325  | 8.261  | 8.199  | 8.139  |
| 1.8 | 8.080  | 8.022  | 7.965  | 7.910  | 7.856  | 7.804  | 7.752  | 7.702  | 7.653  | 7.604  |
| 1.9 | 7.557  | 7.511  | 7.466  | 7.422  | 7.379  | 7.337  | 7.296  | 7.255  | 7.215  | 7.177  |
| 2.0 | 7.139  | 7.101  | 7.065  | 7.029  | 6.994  | 6.960  | 6.926  | 6.893  | 6.860  | 6.829  |
| 2.1 | 6.797  | 6.767  | 6.737  | 6.707  | 6.679  | 6.650  | 6.622  | 6.595  | 6.568  | 6.542  |
| 2.2 | 6.516  | 6.491  | 6.466  | 6.441  | 6.417  | 6.394  | 6.370  | 6.348  | 6.325  | 6.303  |
| 2.3 | 6.282  | 6.260  | 6.239  | 6.219  | 6.199  | 6.179  | 6.159  | 6.140  | 6.121  | 6.102  |
| 2.4 | 6.084  | 6.066  | 6.049  | 6.031  | 6.014  | 5.997  | 5.980  | 5.964  | 5.948  | 5.932  |
| 2.5 | 5.917  | 5.901  | 5.886  | 5.871  | 5.857  | 5.842  | 5.828  | 5.814  | 5.800  | 5.787  |
| 2.6 | 5.773  | 5.760  | 5.747  | 5.735  | 5.722  | 5.710  | 5.697  | 5.685  | 5.673  | 5.662  |
| 2.7 | 5.650  | 5.639  | 5.628  | 5.617  | 5.606  | 5.595  | 5.584  | 5.574  | 5.564  | 5.554  |
| 2.8 | 5.544  | 5.534  | 5.524  | 5.514  | 5.505  | 5.496  | 5.486  | 5.477  | 5.468  | 5.460  |
| 2.9 | 5.451  | 5.442  | 5.434  | 5.425  | 5.417  | 5.409  | 5.401  | 5.393  | 5.385  | 5.378  |
| 3.0 | 5.370  | 5.362  | 5.355  | 5.348  | 5.340  | 5.333  | 5.326  | 5.319  | 5.312  | 5.306  |
| 3.1 | 5.299  | 5.292  | 5.286  | 5.279  | 5.273  | 5.267  | 5.261  | 5.255  | 5.248  | 5.243  |
| 3.2 | 5.237  | 5.231  | 5.225  | 5.219  | 5.214  | 5.208  | 5.203  | 5.197  | 5.192  | 5.187  |
| 3.3 | 5.182  | 5.176  | 5.171  | 5.166  | 5.161  | 5.156  | 5.152  | 5.147  | 5.142  | 5.137  |
| 3.4 | 5.133  | 5.128  | 5.124  | 5.119  | 5.115  | 5.111  | 5.106  | 5.102  | 5.098  | 5.094  |
| 3.5 | 5.090  | 5.086  | 5.082  | 5.078  | 5.074  | 5.070  | 5.066  | 5.062  | 5.059  | 5.055  |
| 3.6 | 5.051  | 5.048  | 5.044  | 5.041  | 5.037  | 5.034  | 5.030  | 5.027  | 5.024  | 5.020  |
| 3.7 | 5.017  | 5.014  | 5.011  | 5.008  | 5.005  | 5.002  | 4.998  | 4.995  | 4.993  | 4.990  |
| 3.8 | 4.987  | 4.984  | 4.981  | 4.978  | 4.976  | 4.973  | 4.970  | 4.967  | 4.965  | 4.962  |
| 3.9 | 4.960  | 4.957  | 4.955  | 4.952  | 4.950  | 4.947  | 4.945  | 4.942  | 4.940  | 4.938  |

Tabla B.3. Tabla de  $F_M(k)$ . Tabla para el cálculo del valor medio a partir de los parámetros de Weibull,  $A$  y  $k$  (Eq. 5.7). El valor de  $F_M(k) = \Gamma(1 + 1/k)$  se halla en la tabla entrando valores del parámetro  $k$ . Con los dos primeros dígitos del valor de  $k$  escogemos la fila de la tabla que nos corresponde, y la columna la dará el tercer dígito. El valor medio será  $M = AF_M(k)$ , expresado en las unidades  $[ms^{-1}]$ . Notar que el valor de  $F_M(k)$  varía muy ligeramente y puede tomarse como constante de valor 0.888.

|     | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.0 | 1.000 | 0.996 | 0.992 | 0.988 | 0.984 | 0.981 | 0.977 | 0.974 | 0.971 | 0.968 |
| 1.1 | 0.965 | 0.962 | 0.959 | 0.957 | 0.954 | 0.952 | 0.949 | 0.947 | 0.945 | 0.943 |
| 1.2 | 0.941 | 0.939 | 0.937 | 0.935 | 0.933 | 0.931 | 0.930 | 0.928 | 0.927 | 0.925 |
| 1.3 | 0.924 | 0.922 | 0.921 | 0.919 | 0.918 | 0.917 | 0.916 | 0.915 | 0.914 | 0.912 |
| 1.4 | 0.911 | 0.910 | 0.909 | 0.909 | 0.908 | 0.907 | 0.906 | 0.905 | 0.904 | 0.903 |
| 1.5 | 0.903 | 0.902 | 0.901 | 0.901 | 0.900 | 0.899 | 0.899 | 0.898 | 0.898 | 0.897 |
| 1.6 | 0.897 | 0.896 | 0.896 | 0.895 | 0.895 | 0.894 | 0.894 | 0.893 | 0.893 | 0.893 |
| 1.7 | 0.892 | 0.892 | 0.892 | 0.891 | 0.891 | 0.891 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 |
| 1.8 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 |
| 1.9 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.886 | 0.886 | 0.886 |
| 2.0 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 |
| 2.1 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 |
| 2.2 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 |
| 2.3 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 |
| 2.4 | 0.886 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 |
| 2.5 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 |
| 2.6 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.889 |
| 2.7 | 0.889 | 0.889 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 |
| 2.8 | 0.890 | 0.891 | 0.891 | 0.891 | 0.891 | 0.891 | 0.891 | 0.891 | 0.891 | 0.892 |
| 2.9 | 0.892 | 0.892 | 0.892 | 0.892 | 0.892 | 0.892 | 0.892 | 0.893 | 0.893 | 0.893 |
| 3.0 | 0.893 | 0.893 | 0.893 | 0.893 | 0.894 | 0.894 | 0.894 | 0.894 | 0.894 | 0.894 |
| 3.1 | 0.894 | 0.894 | 0.895 | 0.895 | 0.895 | 0.895 | 0.895 | 0.895 | 0.895 | 0.896 |
| 3.2 | 0.896 | 0.896 | 0.896 | 0.896 | 0.896 | 0.896 | 0.896 | 0.897 | 0.897 | 0.897 |
| 3.3 | 0.897 | 0.897 | 0.897 | 0.897 | 0.898 | 0.898 | 0.898 | 0.898 | 0.898 | 0.898 |
| 3.4 | 0.898 | 0.899 | 0.899 | 0.899 | 0.899 | 0.899 | 0.899 | 0.899 | 0.899 | 0.900 |
| 3.5 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.901 |
| 3.6 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.902 | 0.902 | 0.902 | 0.902 | 0.902 | 0.902 | 0.902 |
| 3.7 | 0.902 | 0.903 | 0.903 | 0.903 | 0.903 | 0.903 | 0.903 | 0.903 | 0.904 | 0.904 |
| 3.8 | 0.904 | 0.904 | 0.904 | 0.904 | 0.904 | 0.904 | 0.905 | 0.905 | 0.905 | 0.905 |
| 3.9 | 0.905 | 0.905 | 0.905 | 0.905 | 0.906 | 0.906 | 0.906 | 0.906 | 0.906 | 0.906 |

*Tabla B.4. Tabla de  $F_u(k)$ . Tabla para el cálculo de la velocidad cuadrática media a partir de los parámetros de Weibull  $A$  y  $k$  (Eq. 5.7). El valor para  $F_u(k) = \Gamma(1 + 2/k)$  se halla en la tabla entrando valores del parámetro  $k$ . Con los dos primeros dígitos del valor de  $k$  escogemos la fila de la tabla que nos corresponde, y la columna la dará el tercer dígito. La velocidad cuadrática media, expresada en unidades  $[m^2s^{-2}]$  es pues  $\bar{u}^2 = A^2 F_u(k)$ .*

|     | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.0 | 2.000 | 1.964 | 1.930 | 1.897 | 1.865 | 1.835 | 1.806 | 1.779 | 1.752 | 1.727 |
| 1.1 | 1.702 | 1.679 | 1.657 | 1.635 | 1.614 | 1.594 | 1.575 | 1.556 | 1.538 | 1.521 |
| 1.2 | 1.505 | 1.489 | 1.473 | 1.458 | 1.444 | 1.430 | 1.416 | 1.403 | 1.390 | 1.378 |
| 1.3 | 1.366 | 1.355 | 1.344 | 1.333 | 1.322 | 1.312 | 1.302 | 1.293 | 1.284 | 1.275 |
| 1.4 | 1.266 | 1.257 | 1.249 | 1.241 | 1.233 | 1.226 | 1.218 | 1.211 | 1.204 | 1.197 |
| 1.5 | 1.191 | 1.184 | 1.178 | 1.172 | 1.166 | 1.160 | 1.154 | 1.149 | 1.143 | 1.138 |
| 1.6 | 1.133 | 1.128 | 1.123 | 1.118 | 1.114 | 1.109 | 1.105 | 1.100 | 1.096 | 1.092 |
| 1.7 | 1.088 | 1.084 | 1.080 | 1.076 | 1.073 | 1.069 | 1.066 | 1.062 | 1.059 | 1.055 |
| 1.8 | 1.052 | 1.049 | 1.046 | 1.043 | 1.040 | 1.037 | 1.034 | 1.031 | 1.029 | 1.026 |
| 1.9 | 1.023 | 1.021 | 1.018 | 1.016 | 1.013 | 1.011 | 1.009 | 1.007 | 1.004 | 1.002 |
| 2.0 | 1.000 | 0.998 | 0.996 | 0.994 | 0.992 | 0.990 | 0.988 | 0.986 | 0.984 | 0.983 |
| 2.1 | 0.981 | 0.979 | 0.977 | 0.976 | 0.974 | 0.972 | 0.971 | 0.969 | 0.968 | 0.966 |
| 2.2 | 0.965 | 0.963 | 0.962 | 0.961 | 0.959 | 0.958 | 0.957 | 0.955 | 0.954 | 0.953 |
| 2.3 | 0.952 | 0.951 | 0.949 | 0.948 | 0.947 | 0.946 | 0.945 | 0.944 | 0.943 | 0.942 |
| 2.4 | 0.941 | 0.940 | 0.939 | 0.938 | 0.937 | 0.936 | 0.935 | 0.934 | 0.933 | 0.932 |
| 2.5 | 0.931 | 0.931 | 0.930 | 0.929 | 0.928 | 0.927 | 0.927 | 0.926 | 0.925 | 0.924 |
| 2.6 | 0.924 | 0.923 | 0.922 | 0.921 | 0.921 | 0.920 | 0.919 | 0.919 | 0.918 | 0.918 |
| 2.7 | 0.917 | 0.916 | 0.916 | 0.915 | 0.915 | 0.914 | 0.914 | 0.913 | 0.912 | 0.912 |
| 2.8 | 0.911 | 0.911 | 0.910 | 0.910 | 0.909 | 0.909 | 0.909 | 0.908 | 0.908 | 0.907 |
| 2.9 | 0.907 | 0.906 | 0.906 | 0.905 | 0.905 | 0.905 | 0.904 | 0.904 | 0.903 | 0.903 |
| 3.0 | 0.903 | 0.902 | 0.902 | 0.902 | 0.901 | 0.901 | 0.901 | 0.900 | 0.900 | 0.900 |
| 3.1 | 0.899 | 0.899 | 0.899 | 0.898 | 0.898 | 0.898 | 0.898 | 0.897 | 0.897 | 0.897 |
| 3.2 | 0.897 | 0.896 | 0.896 | 0.896 | 0.896 | 0.895 | 0.895 | 0.895 | 0.895 | 0.894 |
| 3.3 | 0.894 | 0.894 | 0.894 | 0.894 | 0.893 | 0.893 | 0.893 | 0.893 | 0.893 | 0.892 |
| 3.4 | 0.892 | 0.892 | 0.892 | 0.892 | 0.892 | 0.891 | 0.891 | 0.891 | 0.891 | 0.891 |
| 3.5 | 0.891 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.890 | 0.889 |
| 3.6 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.888 | 0.888 |
| 3.7 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.888 | 0.887 |
| 3.8 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 |
| 3.9 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.887 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 |

Tabla B.5. Tabla de  $F_k$ . Tabla de  $F_k$  para el cálculo del parámetro  $k$  de Weibull a partir del valor medio y del valor cuadrático medio en la distribución de Weibull (Eq. 5.9). Con los dos primeros dígitos del valor de  $M^2/\overline{u^2}$  escogemos la fila de la tabla que nos corresponde, y la columna la dará el tercer dígito para obtener  $k$ .

|      | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.60 | 1.232 | 1.232 | 1.236 | 1.240 | 1.244 | 1.244 | 1.248 | 1.252 | 1.252 | 1.256 |
| 0.61 | 1.260 | 1.264 | 1.264 | 1.268 | 1.271 | 1.271 | 1.275 | 1.279 | 1.283 | 1.283 |
| 0.62 | 1.287 | 1.291 | 1.295 | 1.295 | 1.299 | 1.303 | 1.307 | 1.307 | 1.311 | 1.314 |
| 0.63 | 1.318 | 1.318 | 1.322 | 1.326 | 1.330 | 1.334 | 1.334 | 1.338 | 1.342 | 1.346 |
| 0.64 | 1.346 | 1.350 | 1.354 | 1.357 | 1.361 | 1.365 | 1.365 | 1.369 | 1.373 | 1.377 |
| 0.65 | 1.381 | 1.381 | 1.385 | 1.389 | 1.393 | 1.396 | 1.400 | 1.404 | 1.404 | 1.408 |
| 0.66 | 1.412 | 1.416 | 1.420 | 1.424 | 1.428 | 1.432 | 1.432 | 1.436 | 1.439 | 1.443 |
| 0.67 | 1.447 | 1.451 | 1.455 | 1.459 | 1.463 | 1.467 | 1.467 | 1.471 | 1.475 | 1.479 |
| 0.68 | 1.482 | 1.486 | 1.490 | 1.494 | 1.498 | 1.502 | 1.506 | 1.510 | 1.514 | 1.518 |
| 0.69 | 1.521 | 1.525 | 1.529 | 1.533 | 1.537 | 1.541 | 1.545 | 1.549 | 1.553 | 1.557 |
| 0.70 | 1.561 | 1.564 | 1.568 | 1.572 | 1.576 | 1.580 | 1.584 | 1.588 | 1.592 | 1.600 |
| 0.71 | 1.604 | 1.607 | 1.611 | 1.615 | 1.619 | 1.623 | 1.627 | 1.631 | 1.639 | 1.643 |
| 0.72 | 1.646 | 1.650 | 1.654 | 1.658 | 1.662 | 1.670 | 1.674 | 1.678 | 1.682 | 1.686 |
| 0.73 | 1.693 | 1.697 | 1.701 | 1.705 | 1.709 | 1.717 | 1.721 | 1.725 | 1.729 | 1.736 |
| 0.74 | 1.740 | 1.744 | 1.752 | 1.756 | 1.760 | 1.764 | 1.771 | 1.775 | 1.779 | 1.787 |
| 0.75 | 1.791 | 1.795 | 1.803 | 1.807 | 1.814 | 1.818 | 1.822 | 1.830 | 1.834 | 1.842 |
| 0.76 | 1.846 | 1.850 | 1.857 | 1.861 | 1.869 | 1.873 | 1.881 | 1.885 | 1.893 | 1.896 |
| 0.77 | 1.904 | 1.908 | 1.916 | 1.920 | 1.928 | 1.936 | 1.939 | 1.947 | 1.951 | 1.959 |
| 0.78 | 1.967 | 1.971 | 1.979 | 1.982 | 1.990 | 1.998 | 2.006 | 2.010 | 2.018 | 2.025 |
| 0.79 | 2.029 | 2.037 | 2.045 | 2.053 | 2.057 | 2.064 | 2.072 | 2.080 | 2.088 | 2.096 |
| 0.80 | 2.100 | 2.107 | 2.115 | 2.123 | 2.131 | 2.139 | 2.146 | 2.154 | 2.162 | 2.170 |
| 0.81 | 2.178 | 2.186 | 2.193 | 2.201 | 2.209 | 2.217 | 2.225 | 2.232 | 2.244 | 2.252 |
| 0.82 | 2.260 | 2.268 | 2.275 | 2.287 | 2.295 | 2.303 | 2.311 | 2.322 | 2.330 | 2.338 |
| 0.83 | 2.350 | 2.357 | 2.365 | 2.377 | 2.385 | 2.396 | 2.404 | 2.416 | 2.424 | 2.436 |
| 0.84 | 2.447 | 2.455 | 2.467 | 2.475 | 2.486 | 2.498 | 2.510 | 2.518 | 2.529 | 2.541 |
| 0.85 | 2.553 | 2.564 | 2.576 | 2.588 | 2.600 | 2.611 | 2.623 | 2.635 | 2.646 | 2.658 |
| 0.86 | 2.670 | 2.682 | 2.693 | 2.709 | 2.721 | 2.732 | 2.748 | 2.760 | 2.771 | 2.787 |
| 0.87 | 2.799 | 2.814 | 2.830 | 2.842 | 2.857 | 2.873 | 2.885 | 2.900 | 2.916 | 2.932 |
| 0.88 | 2.947 | 2.963 | 2.979 | 2.994 | 3.010 | 3.029 | 3.045 | 3.061 | 3.080 | 3.096 |
| 0.89 | 3.115 | 3.131 | 3.150 | 3.166 | 3.186 | 3.205 | 3.225 | 3.244 | 3.264 | 3.283 |
| 0.90 | 3.303 | 3.322 | 3.346 | 3.365 | 3.389 | 3.408 | 3.432 | 3.455 | 3.479 | 3.502 |

Tabla B.6. Tabla de  $F_A(k)$ . Tabla para el cálculo del parámetro  $A$  de Weibull a partir del valor medio y del valor cuadrático medio (Eq. 5.9). El valor de  $F_A(k) = 1/\Gamma(1 + 1/k)$  se obtiene en la tabla para distintos valores del parámetro  $k$ . Con los dos primeros dígitos del valor de  $k$  escogemos la fila de la tabla que nos corresponde, y la columna la dará el tercer dígito. El parámetro  $A$  de Weibull, expresado en las unidades  $[m\ s^{-1}]$  es ahora  $A = \bar{u}F_A(k)$ . Notar la poca variación del valor de  $F_A(k)$  con lo que es aceptable el tomar un valor constante de 1.126.

|     | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.0 | 1.000 | 1.004 | 1.008 | 1.012 | 1.016 | 1.020 | 1.023 | 1.027 | 1.030 | 1.033 |
| 1.1 | 1.036 | 1.039 | 1.042 | 1.045 | 1.048 | 1.051 | 1.053 | 1.056 | 1.058 | 1.061 |
| 1.2 | 1.063 | 1.065 | 1.068 | 1.070 | 1.072 | 1.074 | 1.076 | 1.077 | 1.079 | 1.081 |
| 1.3 | 1.083 | 1.084 | 1.086 | 1.088 | 1.089 | 1.091 | 1.092 | 1.093 | 1.095 | 1.096 |
| 1.4 | 1.097 | 1.098 | 1.100 | 1.101 | 1.102 | 1.103 | 1.104 | 1.105 | 1.106 | 1.107 |
| 1.5 | 1.108 | 1.109 | 1.109 | 1.110 | 1.111 | 1.112 | 1.113 | 1.113 | 1.114 | 1.115 |
| 1.6 | 1.115 | 1.116 | 1.117 | 1.117 | 1.118 | 1.118 | 1.119 | 1.119 | 1.120 | 1.120 |
| 1.7 | 1.121 | 1.121 | 1.122 | 1.122 | 1.122 | 1.123 | 1.123 | 1.124 | 1.124 | 1.124 |
| 1.8 | 1.124 | 1.125 | 1.125 | 1.125 | 1.126 | 1.126 | 1.126 | 1.126 | 1.127 | 1.127 |
| 1.9 | 1.127 | 1.127 | 1.127 | 1.127 | 1.128 | 1.128 | 1.128 | 1.128 | 1.128 | 1.128 |
| 2.0 | 1.128 | 1.128 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 |
| 2.1 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 |
| 2.2 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 |
| 2.3 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.129 | 1.128 | 1.128 | 1.128 | 1.128 | 1.128 |
| 2.4 | 1.128 | 1.128 | 1.128 | 1.128 | 1.128 | 1.128 | 1.127 | 1.127 | 1.127 | 1.127 |
| 2.5 | 1.127 | 1.127 | 1.127 | 1.127 | 1.127 | 1.126 | 1.126 | 1.126 | 1.126 | 1.126 |
| 2.6 | 1.126 | 1.126 | 1.126 | 1.125 | 1.125 | 1.125 | 1.125 | 1.125 | 1.125 | 1.125 |
| 2.7 | 1.125 | 1.124 | 1.124 | 1.124 | 1.124 | 1.124 | 1.124 | 1.123 | 1.123 | 1.123 |
| 2.8 | 1.123 | 1.123 | 1.123 | 1.123 | 1.122 | 1.122 | 1.122 | 1.122 | 1.122 | 1.122 |
| 2.9 | 1.121 | 1.121 | 1.121 | 1.121 | 1.121 | 1.121 | 1.120 | 1.120 | 1.120 | 1.120 |
| 3.0 | 1.120 | 1.120 | 1.120 | 1.119 | 1.119 | 1.119 | 1.119 | 1.119 | 1.119 | 1.118 |
| 3.1 | 1.118 | 1.118 | 1.118 | 1.118 | 1.118 | 1.117 | 1.117 | 1.117 | 1.117 | 1.117 |
| 3.2 | 1.117 | 1.116 | 1.116 | 1.116 | 1.116 | 1.116 | 1.115 | 1.115 | 1.115 | 1.115 |
| 3.3 | 1.115 | 1.115 | 1.114 | 1.114 | 1.114 | 1.114 | 1.114 | 1.114 | 1.113 | 1.113 |
| 3.4 | 1.113 | 1.113 | 1.113 | 1.113 | 1.112 | 1.112 | 1.112 | 1.112 | 1.112 | 1.112 |
| 3.5 | 1.111 | 1.111 | 1.111 | 1.111 | 1.111 | 1.111 | 1.110 | 1.110 | 1.110 | 1.110 |
| 3.6 | 1.110 | 1.110 | 1.109 | 1.109 | 1.109 | 1.109 | 1.109 | 1.109 | 1.108 | 1.108 |
| 3.7 | 1.108 | 1.108 | 1.108 | 1.108 | 1.107 | 1.107 | 1.107 | 1.107 | 1.107 | 1.107 |
| 3.8 | 1.106 | 1.106 | 1.106 | 1.106 | 1.106 | 1.106 | 1.105 | 1.105 | 1.105 | 1.105 |
| 3.9 | 1.105 | 1.105 | 1.105 | 1.104 | 1.104 | 1.104 | 1.104 | 1.104 | 1.104 | 1.103 |

Tabla B.7. Tabla de  $G_k(\alpha)$ . Tabla para el cálculo de la potencia media (Ec. 6.4). El valor de  $G_k(\alpha) = 1/k \cdot \gamma(1/k, \alpha^k)$  se encuentra en la tabla para distintos valores de  $\alpha$  y  $k$ . La fila de la tabla que nos corresponde la da el valor de  $\alpha$ , y la columna el de  $k$ .

|      | 1.0   | 1.1   | 1.2   | 1.3   | 1.4   | 1.5   | 1.6   | 1.7   | 1.8   | 1.9   | 2.0   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.05 | 0.049 | 0.049 | 0.049 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 |
| 0.10 | 0.095 | 0.096 | 0.097 | 0.098 | 0.098 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.100 | 0.100 |
| 0.15 | 0.139 | 0.141 | 0.143 | 0.145 | 0.146 | 0.147 | 0.147 | 0.148 | 0.148 | 0.149 | 0.149 |
| 0.20 | 0.181 | 0.185 | 0.187 | 0.190 | 0.192 | 0.193 | 0.194 | 0.195 | 0.196 | 0.197 | 0.197 |
| 0.25 | 0.221 | 0.226 | 0.230 | 0.233 | 0.236 | 0.238 | 0.240 | 0.241 | 0.243 | 0.244 | 0.245 |
| 0.30 | 0.259 | 0.265 | 0.270 | 0.274 | 0.278 | 0.281 | 0.284 | 0.286 | 0.288 | 0.290 | 0.291 |
| 0.35 | 0.295 | 0.303 | 0.309 | 0.314 | 0.319 | 0.323 | 0.326 | 0.329 | 0.332 | 0.334 | 0.336 |
| 0.40 | 0.330 | 0.338 | 0.345 | 0.352 | 0.358 | 0.363 | 0.367 | 0.371 | 0.374 | 0.377 | 0.380 |
| 0.45 | 0.362 | 0.372 | 0.380 | 0.388 | 0.395 | 0.400 | 0.406 | 0.410 | 0.414 | 0.418 | 0.421 |
| 0.50 | 0.393 | 0.404 | 0.414 | 0.422 | 0.430 | 0.436 | 0.443 | 0.448 | 0.453 | 0.457 | 0.461 |
| 0.55 | 0.423 | 0.435 | 0.445 | 0.455 | 0.463 | 0.471 | 0.478 | 0.484 | 0.489 | 0.495 | 0.499 |
| 0.60 | 0.451 | 0.464 | 0.475 | 0.485 | 0.495 | 0.503 | 0.511 | 0.518 | 0.524 | 0.530 | 0.535 |
| 0.65 | 0.478 | 0.491 | 0.503 | 0.514 | 0.524 | 0.533 | 0.542 | 0.550 | 0.557 | 0.563 | 0.569 |
| 0.70 | 0.503 | 0.517 | 0.530 | 0.542 | 0.552 | 0.562 | 0.571 | 0.579 | 0.587 | 0.594 | 0.601 |
| 0.75 | 0.528 | 0.542 | 0.555 | 0.568 | 0.579 | 0.589 | 0.599 | 0.608 | 0.616 | 0.623 | 0.630 |
| 0.80 | 0.551 | 0.566 | 0.579 | 0.592 | 0.604 | 0.614 | 0.624 | 0.634 | 0.642 | 0.650 | 0.658 |
| 0.85 | 0.573 | 0.588 | 0.602 | 0.615 | 0.627 | 0.638 | 0.648 | 0.658 | 0.667 | 0.675 | 0.683 |
| 0.90 | 0.593 | 0.609 | 0.623 | 0.637 | 0.649 | 0.660 | 0.671 | 0.681 | 0.690 | 0.698 | 0.706 |
| 0.95 | 0.613 | 0.629 | 0.643 | 0.657 | 0.669 | 0.681 | 0.691 | 0.701 | 0.711 | 0.719 | 0.727 |
| 1.00 | 0.632 | 0.648 | 0.662 | 0.676 | 0.688 | 0.700 | 0.711 | 0.721 | 0.730 | 0.739 | 0.747 |
| 1.05 | 0.650 | 0.666 | 0.680 | 0.694 | 0.706 | 0.718 | 0.728 | 0.738 | 0.747 | 0.756 | 0.764 |
| 1.10 | 0.667 | 0.683 | 0.697 | 0.710 | 0.723 | 0.734 | 0.744 | 0.754 | 0.763 | 0.772 | 0.780 |
| 1.15 | 0.683 | 0.699 | 0.713 | 0.726 | 0.738 | 0.749 | 0.759 | 0.769 | 0.778 | 0.786 | 0.794 |
| 1.20 | 0.699 | 0.714 | 0.728 | 0.740 | 0.752 | 0.763 | 0.773 | 0.782 | 0.791 | 0.799 | 0.807 |
| 1.25 | 0.713 | 0.728 | 0.742 | 0.754 | 0.765 | 0.776 | 0.786 | 0.795 | 0.803 | 0.811 | 0.818 |
| 1.30 | 0.727 | 0.742 | 0.755 | 0.767 | 0.778 | 0.788 | 0.797 | 0.806 | 0.814 | 0.821 | 0.828 |
| 1.35 | 0.741 | 0.755 | 0.767 | 0.779 | 0.789 | 0.799 | 0.808 | 0.816 | 0.823 | 0.830 | 0.836 |
| 1.40 | 0.753 | 0.767 | 0.779 | 0.790 | 0.800 | 0.809 | 0.817 | 0.825 | 0.832 | 0.838 | 0.844 |
| 1.45 | 0.765 | 0.778 | 0.790 | 0.800 | 0.809 | 0.818 | 0.826 | 0.833 | 0.839 | 0.845 | 0.851 |



Tabla B.7. Tabla de  $G_k(\alpha)$  (continuación).

|          | 1.0   | 1.1   | 1.2   | 1.3   | 1.4   | 1.5   | 1.6   | 1.7   | 1.8   | 1.9   | 2.0   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.50     | 0.777 | 0.789 | 0.800 | 0.809 | 0.818 | 0.826 | 0.833 | 0.840 | 0.846 | 0.851 | 0.856 |
| 1.55     | 0.788 | 0.799 | 0.809 | 0.818 | 0.826 | 0.834 | 0.840 | 0.846 | 0.852 | 0.857 | 0.861 |
| 1.60     | 0.798 | 0.809 | 0.818 | 0.826 | 0.834 | 0.841 | 0.847 | 0.852 | 0.857 | 0.861 | 0.865 |
| 1.65     | 0.808 | 0.818 | 0.826 | 0.834 | 0.841 | 0.847 | 0.852 | 0.857 | 0.861 | 0.865 | 0.869 |
| 1.70     | 0.817 | 0.826 | 0.834 | 0.841 | 0.847 | 0.853 | 0.857 | 0.862 | 0.865 | 0.869 | 0.872 |
| 1.75     | 0.826 | 0.834 | 0.842 | 0.848 | 0.853 | 0.858 | 0.862 | 0.866 | 0.869 | 0.872 | 0.874 |
| 1.80     | 0.835 | 0.842 | 0.848 | 0.854 | 0.859 | 0.863 | 0.866 | 0.869 | 0.872 | 0.874 | 0.877 |
| 1.85     | 0.843 | 0.849 | 0.855 | 0.859 | 0.863 | 0.867 | 0.870 | 0.872 | 0.875 | 0.877 | 0.878 |
| 1.90     | 0.850 | 0.856 | 0.861 | 0.865 | 0.868 | 0.871 | 0.873 | 0.875 | 0.877 | 0.878 | 0.880 |
| 1.95     | 0.858 | 0.862 | 0.866 | 0.869 | 0.872 | 0.874 | 0.876 | 0.877 | 0.879 | 0.880 | 0.881 |
| 2.00     | 0.865 | 0.868 | 0.872 | 0.874 | 0.876 | 0.877 | 0.878 | 0.879 | 0.880 | 0.881 | 0.882 |
| 2.05     | 0.871 | 0.874 | 0.876 | 0.878 | 0.879 | 0.880 | 0.881 | 0.881 | 0.882 | 0.882 | 0.883 |
| 2.10     | 0.878 | 0.880 | 0.881 | 0.882 | 0.882 | 0.883 | 0.883 | 0.883 | 0.883 | 0.883 | 0.884 |
| 2.15     | 0.884 | 0.885 | 0.885 | 0.885 | 0.885 | 0.885 | 0.885 | 0.884 | 0.884 | 0.884 | 0.884 |
| 2.20     | 0.889 | 0.889 | 0.889 | 0.888 | 0.888 | 0.887 | 0.886 | 0.885 | 0.885 | 0.885 | 0.885 |
| 2.25     | 0.895 | 0.894 | 0.893 | 0.891 | 0.890 | 0.889 | 0.887 | 0.886 | 0.886 | 0.885 | 0.885 |
| 2.30     | 0.900 | 0.898 | 0.896 | 0.894 | 0.892 | 0.890 | 0.889 | 0.887 | 0.886 | 0.886 | 0.885 |
| 2.35     | 0.905 | 0.902 | 0.899 | 0.897 | 0.894 | 0.892 | 0.890 | 0.888 | 0.887 | 0.886 | 0.885 |
| 2.40     | 0.909 | 0.906 | 0.902 | 0.899 | 0.896 | 0.893 | 0.891 | 0.889 | 0.887 | 0.886 | 0.886 |
| 2.45     | 0.914 | 0.909 | 0.905 | 0.901 | 0.897 | 0.894 | 0.891 | 0.889 | 0.888 | 0.886 | 0.886 |
| 2.50     | 0.918 | 0.913 | 0.908 | 0.903 | 0.899 | 0.895 | 0.892 | 0.890 | 0.888 | 0.887 | 0.886 |
| 2.55     | 0.922 | 0.916 | 0.910 | 0.905 | 0.900 | 0.896 | 0.893 | 0.890 | 0.888 | 0.887 | 0.886 |
| 2.60     | 0.926 | 0.919 | 0.912 | 0.906 | 0.901 | 0.897 | 0.893 | 0.890 | 0.888 | 0.887 | 0.886 |
| 2.65     | 0.929 | 0.922 | 0.914 | 0.908 | 0.902 | 0.898 | 0.894 | 0.891 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 2.70     | 0.933 | 0.924 | 0.916 | 0.909 | 0.903 | 0.898 | 0.894 | 0.891 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 2.75     | 0.936 | 0.927 | 0.918 | 0.911 | 0.904 | 0.899 | 0.895 | 0.891 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 2.80     | 0.939 | 0.929 | 0.920 | 0.912 | 0.905 | 0.899 | 0.895 | 0.891 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 2.85     | 0.942 | 0.931 | 0.921 | 0.913 | 0.906 | 0.900 | 0.895 | 0.892 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 2.90     | 0.945 | 0.933 | 0.923 | 0.914 | 0.906 | 0.900 | 0.895 | 0.892 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 2.95     | 0.948 | 0.935 | 0.924 | 0.915 | 0.907 | 0.900 | 0.895 | 0.892 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 3.00     | 0.950 | 0.937 | 0.925 | 0.915 | 0.907 | 0.901 | 0.896 | 0.892 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 3.05     | 0.953 | 0.939 | 0.926 | 0.916 | 0.908 | 0.901 | 0.896 | 0.892 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 3.10     | 0.955 | 0.940 | 0.927 | 0.917 | 0.908 | 0.901 | 0.896 | 0.892 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 3.15     | 0.957 | 0.942 | 0.928 | 0.917 | 0.908 | 0.901 | 0.896 | 0.892 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| 3.20     | 0.959 | 0.943 | 0.929 | 0.918 | 0.909 | 0.902 | 0.896 | 0.892 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |
| $\infty$ | 1.000 | 0.965 | 0.941 | 0.924 | 0.911 | 0.903 | 0.897 | 0.892 | 0.889 | 0.887 | 0.886 |

Tabla B.7. Tabla de  $G_k(\alpha)$  (continuación).

|      | 2.0   | 2.1   | 2.2   | 2.3   | 2.4   | 2.5   | 2.6   | 2.7   | 2.8   | 2.9   | 3.0   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.05 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 |
| 0.10 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 |
| 0.15 | 0.149 | 0.149 | 0.149 | 0.149 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 |
| 0.20 | 0.197 | 0.198 | 0.198 | 0.199 | 0.199 | 0.199 | 0.199 | 0.199 | 0.199 | 0.200 | 0.200 |
| 0.25 | 0.245 | 0.246 | 0.246 | 0.247 | 0.247 | 0.248 | 0.248 | 0.248 | 0.249 | 0.249 | 0.249 |
| 0.30 | 0.291 | 0.292 | 0.294 | 0.294 | 0.295 | 0.296 | 0.296 | 0.297 | 0.297 | 0.298 | 0.298 |
| 0.35 | 0.336 | 0.338 | 0.339 | 0.341 | 0.342 | 0.343 | 0.344 | 0.345 | 0.345 | 0.346 | 0.346 |
| 0.40 | 0.380 | 0.382 | 0.384 | 0.386 | 0.387 | 0.389 | 0.390 | 0.391 | 0.392 | 0.393 | 0.394 |
| 0.45 | 0.421 | 0.424 | 0.427 | 0.429 | 0.431 | 0.433 | 0.435 | 0.436 | 0.438 | 0.439 | 0.440 |
| 0.50 | 0.461 | 0.465 | 0.468 | 0.471 | 0.474 | 0.476 | 0.478 | 0.480 | 0.482 | 0.483 | 0.485 |
| 0.55 | 0.499 | 0.503 | 0.507 | 0.511 | 0.514 | 0.517 | 0.520 | 0.522 | 0.524 | 0.526 | 0.528 |
| 0.60 | 0.535 | 0.540 | 0.544 | 0.549 | 0.552 | 0.556 | 0.559 | 0.562 | 0.565 | 0.567 | 0.570 |
| 0.65 | 0.569 | 0.574 | 0.580 | 0.584 | 0.589 | 0.593 | 0.596 | 0.600 | 0.603 | 0.606 | 0.609 |
| 0.70 | 0.601 | 0.607 | 0.612 | 0.618 | 0.622 | 0.627 | 0.631 | 0.635 | 0.639 | 0.642 | 0.645 |
| 0.75 | 0.630 | 0.637 | 0.643 | 0.649 | 0.654 | 0.659 | 0.664 | 0.668 | 0.672 | 0.676 | 0.680 |
| 0.80 | 0.658 | 0.665 | 0.671 | 0.677 | 0.683 | 0.688 | 0.693 | 0.698 | 0.703 | 0.707 | 0.711 |
| 0.85 | 0.683 | 0.690 | 0.697 | 0.704 | 0.710 | 0.715 | 0.721 | 0.726 | 0.731 | 0.735 | 0.739 |
| 0.90 | 0.706 | 0.714 | 0.721 | 0.728 | 0.734 | 0.740 | 0.745 | 0.751 | 0.756 | 0.761 | 0.765 |
| 0.95 | 0.727 | 0.735 | 0.742 | 0.749 | 0.756 | 0.762 | 0.767 | 0.773 | 0.778 | 0.783 | 0.788 |
| 1.00 | 0.747 | 0.755 | 0.762 | 0.769 | 0.775 | 0.781 | 0.787 | 0.793 | 0.798 | 0.803 | 0.808 |
| 1.05 | 0.764 | 0.772 | 0.779 | 0.786 | 0.792 | 0.799 | 0.804 | 0.810 | 0.815 | 0.820 | 0.825 |
| 1.10 | 0.780 | 0.788 | 0.795 | 0.801 | 0.808 | 0.814 | 0.819 | 0.825 | 0.830 | 0.834 | 0.839 |
| 1.15 | 0.794 | 0.801 | 0.808 | 0.815 | 0.821 | 0.827 | 0.832 | 0.837 | 0.842 | 0.847 | 0.851 |
| 1.20 | 0.807 | 0.814 | 0.820 | 0.827 | 0.832 | 0.838 | 0.843 | 0.848 | 0.852 | 0.857 | 0.861 |
| 1.25 | 0.818 | 0.825 | 0.831 | 0.837 | 0.842 | 0.847 | 0.852 | 0.857 | 0.861 | 0.865 | 0.869 |
| 1.30 | 0.828 | 0.834 | 0.840 | 0.845 | 0.851 | 0.855 | 0.860 | 0.864 | 0.868 | 0.872 | 0.875 |
| 1.35 | 0.836 | 0.842 | 0.848 | 0.853 | 0.858 | 0.862 | 0.866 | 0.870 | 0.874 | 0.877 | 0.880 |
| 1.40 | 0.844 | 0.849 | 0.854 | 0.859 | 0.863 | 0.867 | 0.871 | 0.875 | 0.878 | 0.881 | 0.884 |
| 1.45 | 0.851 | 0.856 | 0.860 | 0.864 | 0.868 | 0.872 | 0.875 | 0.878 | 0.881 | 0.884 | 0.887 |

Tabla B.7. Tabla de  $G_k(\alpha)$  (continuación).

|          | 2.0   | 2.1   | 2.2   | 2.3   | 2.4   | 2.5   | 2.6   | 2.7   | 2.8   | 2.9   | 3.0   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.50     | 0.856 | 0.861 | 0.865 | 0.869 | 0.872 | 0.875 | 0.878 | 0.881 | 0.884 | 0.886 | 0.889 |
| 1.55     | 0.861 | 0.865 | 0.869 | 0.872 | 0.875 | 0.878 | 0.881 | 0.883 | 0.886 | 0.888 | 0.890 |
| 1.60     | 0.865 | 0.869 | 0.872 | 0.875 | 0.878 | 0.881 | 0.883 | 0.885 | 0.887 | 0.889 | 0.891 |
| 1.65     | 0.869 | 0.872 | 0.875 | 0.878 | 0.880 | 0.882 | 0.884 | 0.886 | 0.888 | 0.890 | 0.892 |
| 1.70     | 0.872 | 0.875 | 0.877 | 0.879 | 0.882 | 0.884 | 0.885 | 0.887 | 0.889 | 0.891 | 0.892 |
| 1.75     | 0.874 | 0.877 | 0.879 | 0.881 | 0.883 | 0.885 | 0.886 | 0.888 | 0.889 | 0.891 | 0.893 |
| 1.80     | 0.877 | 0.879 | 0.880 | 0.882 | 0.884 | 0.885 | 0.887 | 0.888 | 0.890 | 0.891 | 0.893 |
| 1.85     | 0.878 | 0.880 | 0.882 | 0.883 | 0.884 | 0.886 | 0.887 | 0.889 | 0.890 | 0.891 | 0.893 |
| 1.90     | 0.880 | 0.881 | 0.883 | 0.884 | 0.885 | 0.886 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 1.95     | 0.881 | 0.882 | 0.883 | 0.884 | 0.885 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.00     | 0.882 | 0.883 | 0.884 | 0.885 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.05     | 0.883 | 0.884 | 0.884 | 0.885 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.10     | 0.884 | 0.884 | 0.885 | 0.885 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.15     | 0.884 | 0.884 | 0.885 | 0.885 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.20     | 0.885 | 0.885 | 0.885 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.25     | 0.885 | 0.885 | 0.885 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.30     | 0.885 | 0.885 | 0.885 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.35     | 0.885 | 0.885 | 0.885 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.40     | 0.886 | 0.885 | 0.885 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.45     | 0.886 | 0.885 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.50     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.55     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.60     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.65     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.70     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.75     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.80     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.85     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.90     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 2.95     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 3.00     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 3.05     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 3.10     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 3.15     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| 3.20     | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |
| $\infty$ | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.886 | 0.887 | 0.888 | 0.889 | 0.890 | 0.892 | 0.893 |

Tabla B.7. Tabla de  $G_k(\alpha)$  (continuación).

|      | 3.0   | 3.1   | 3.2   | 3.3   | 3.4   | 3.5   | 3.6   | 3.7   | 3.8   | 3.9   | 4.0   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.05 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 |
| 0.10 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 |
| 0.15 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 | 0.150 |
| 0.20 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 |
| 0.25 | 0.249 | 0.249 | 0.249 | 0.249 | 0.249 | 0.250 | 0.250 | 0.250 | 0.250 | 0.250 | 0.250 |
| 0.30 | 0.298 | 0.298 | 0.298 | 0.299 | 0.299 | 0.299 | 0.299 | 0.299 | 0.299 | 0.299 | 0.300 |
| 0.35 | 0.346 | 0.347 | 0.347 | 0.347 | 0.348 | 0.348 | 0.348 | 0.348 | 0.349 | 0.349 | 0.349 |
| 0.40 | 0.394 | 0.394 | 0.395 | 0.396 | 0.396 | 0.396 | 0.397 | 0.397 | 0.397 | 0.398 | 0.398 |
| 0.45 | 0.440 | 0.441 | 0.442 | 0.443 | 0.443 | 0.444 | 0.445 | 0.445 | 0.446 | 0.446 | 0.446 |
| 0.50 | 0.485 | 0.486 | 0.487 | 0.489 | 0.490 | 0.490 | 0.491 | 0.492 | 0.493 | 0.493 | 0.494 |
| 0.55 | 0.528 | 0.530 | 0.531 | 0.533 | 0.534 | 0.535 | 0.537 | 0.538 | 0.539 | 0.539 | 0.540 |
| 0.60 | 0.570 | 0.572 | 0.574 | 0.575 | 0.577 | 0.579 | 0.580 | 0.582 | 0.583 | 0.584 | 0.585 |
| 0.65 | 0.609 | 0.611 | 0.614 | 0.616 | 0.618 | 0.620 | 0.622 | 0.623 | 0.625 | 0.627 | 0.628 |
| 0.70 | 0.645 | 0.648 | 0.651 | 0.654 | 0.656 | 0.659 | 0.661 | 0.663 | 0.665 | 0.667 | 0.669 |
| 0.75 | 0.680 | 0.683 | 0.686 | 0.689 | 0.692 | 0.695 | 0.697 | 0.700 | 0.702 | 0.704 | 0.706 |
| 0.80 | 0.711 | 0.715 | 0.718 | 0.722 | 0.725 | 0.728 | 0.731 | 0.734 | 0.736 | 0.739 | 0.741 |
| 0.85 | 0.739 | 0.744 | 0.747 | 0.751 | 0.755 | 0.758 | 0.761 | 0.764 | 0.767 | 0.770 | 0.773 |
| 0.90 | 0.765 | 0.769 | 0.774 | 0.777 | 0.781 | 0.785 | 0.788 | 0.791 | 0.795 | 0.798 | 0.801 |
| 0.95 | 0.788 | 0.792 | 0.796 | 0.801 | 0.804 | 0.808 | 0.812 | 0.815 | 0.818 | 0.822 | 0.825 |
| 1.00 | 0.808 | 0.812 | 0.816 | 0.820 | 0.824 | 0.828 | 0.832 | 0.835 | 0.839 | 0.842 | 0.845 |
| 1.05 | 0.825 | 0.829 | 0.833 | 0.837 | 0.841 | 0.845 | 0.849 | 0.852 | 0.855 | 0.858 | 0.861 |
| 1.10 | 0.839 | 0.843 | 0.847 | 0.851 | 0.855 | 0.859 | 0.862 | 0.866 | 0.869 | 0.872 | 0.875 |
| 1.15 | 0.851 | 0.855 | 0.859 | 0.863 | 0.866 | 0.870 | 0.873 | 0.876 | 0.879 | 0.882 | 0.885 |
| 1.20 | 0.861 | 0.865 | 0.868 | 0.872 | 0.875 | 0.878 | 0.881 | 0.884 | 0.887 | 0.890 | 0.892 |
| 1.25 | 0.869 | 0.872 | 0.876 | 0.879 | 0.882 | 0.885 | 0.888 | 0.890 | 0.893 | 0.895 | 0.897 |
| 1.30 | 0.875 | 0.878 | 0.882 | 0.884 | 0.887 | 0.890 | 0.892 | 0.895 | 0.897 | 0.899 | 0.901 |
| 1.35 | 0.880 | 0.883 | 0.886 | 0.888 | 0.891 | 0.893 | 0.896 | 0.898 | 0.900 | 0.902 | 0.903 |
| 1.40 | 0.884 | 0.886 | 0.889 | 0.891 | 0.894 | 0.896 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.903 | 0.905 |
| 1.45 | 0.887 | 0.889 | 0.891 | 0.893 | 0.895 | 0.897 | 0.899 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.906 |

Tabla B.7. Tabla de  $G_k(\alpha)$  (continuación).

|          | 3.0   | 3.1   | 3.2   | 3.3   | 3.4   | 3.5   | 3.6   | 3.7   | 3.8   | 3.9   | 4.0   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.50     | 0.889 | 0.891 | 0.893 | 0.895 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.902 | 0.903 | 0.905 | 0.906 |
| 1.55     | 0.890 | 0.892 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.899 | 0.900 | 0.902 | 0.903 | 0.905 | 0.906 |
| 1.60     | 0.891 | 0.893 | 0.895 | 0.896 | 0.898 | 0.899 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 1.65     | 0.892 | 0.893 | 0.895 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 1.70     | 0.892 | 0.894 | 0.895 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 1.75     | 0.893 | 0.894 | 0.895 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 1.80     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 1.85     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 1.90     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 1.95     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.00     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.05     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.10     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.15     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.20     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.25     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.30     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.35     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.40     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.45     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.50     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.55     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.60     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.65     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.70     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.75     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.80     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.85     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.90     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 2.95     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 3.00     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 3.05     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 3.10     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 3.15     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| 3.20     | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |
| $\infty$ | 0.893 | 0.894 | 0.896 | 0.897 | 0.898 | 0.900 | 0.901 | 0.902 | 0.904 | 0.905 | 0.906 |

# Apéndice C

## Criterios de selección y cuestionario

Los criterios adoptados en el estudio para la selección de las estaciones y las series de datos se describen a continuación en su formato original. Los comentarios de pie de página en las figuras se refieren a los comentarios hechos en la Sección C.5.

### C.1 Requisitos para los datos

Los datos que se necesitan en el análisis son series temporales de velocidad y dirección del viento, nubosidad y altura máxima de las nubes, cubriendo un período de diez años. Se pidió a cada uno de los países participantes que proporcionara los datos requeridos, para unas cuantas estaciones de observación cuidadosamente seleccionadas. La densidad de estaciones necesaria es de una a cuatro estaciones por cada  $250 \times 250$  km cuadrados, siendo seleccionadas según los criterios que se listan a continuación.

El éxito del análisis depende fuertemente de la calidad de los datos de viento, lo que requiere en primer lugar que el terreno que rodea al anemómetro pueda ser descrito como uniforme para alguno de los sectores de dirección (ver abajo), y que no se encuentren grandes accidentes orográficos en un entorno de 50-100 km<sup>1</sup>).

La experiencia demuestra que para realizar una buena evaluación de la calidad de los datos de una estación determinada se requiere una entrevista con el personal responsable de la recogida local de los datos y del mantenimiento de los instrumentos, preferiblemente con una visita al lugar de medidas. El cuestionario que se reproduce en la sección C.3 debe ser tomado como un mínimo requerimiento en una entrevista de este tipo.

## C.2 Criterios para la selección de los observatorios del viento

1. Acceso libre del viento al anemómetro y anemómetro bien situado, lejos de posibles distorsiones del viento debidas a árboles, edificios, y otras estructuras. El lugar debe ser razonablemente llano o suavemente ondulado, evitando así aceleraciones locales inducidas por el terreno.

En los casos en los que no es posible prescindir de estaciones en las que se sospecha que el viento puede ser distorsionado y el anemómetro resguardado por obstáculos cercanos, entonces se pide una descripción bien detallada de la situación del anemómetro dentro de su entorno (punto número 10 del cuestionario). Esto se refiere principalmente a anemómetros situados en la cubierta de algún edificio o a una distancia inferior a 30 veces la altura de un gran edificio.

2. A una distancia de 1-2 km, el terreno debería poder ser descrito como homogéneo (en cada uno de los 4-8 sectores de dirección) en lo que a la vegetación y a las características del terreno se refiere (es decir, al parámetro de aspereza) excepto en el caso de que el cambio que se dé, esté bien definido. En los casos en los que las características superficiales sean distintas, la calidad de los datos para el análisis es degradada.
3. Para distancias superiores a los 2 km, los requisitos de simplicidad en las características superficiales tienen mucha menos importancia, excepto para el caso de grandes accidentes orográficos que no deben aparecer hasta distancias de, aproximadamente, 50 km. Si se sabe que el viento que llega al anemómetro está bajo la influencia de algún accidente orográfico cercano, es mejor descartar esta estación <sup>3)</sup>.
4. Los datos deben registrarse consecutivamente con intervalos no superiores a tres horas. Los datos de las velocidades del viento deben presentarse en forma de promedios de desde 10-min hasta una hora.
5. Debe poder disponerse de registros adecuados sobre los parámetros relevantes (ver a continuación), cubriendo preferiblemente los diez años o más. De esta forma, interrupciones, como pueden ser las debidas a fallos de los instrumentos, en series de datos de buena calidad no son muy perjudiciales para el análisis.  
Es preferible que los datos correspondan a diez años en el período 1970-1981.
6. La disponibilidad de observaciones de nubosidad junto con datos de velocidad y dirección del viento permiten el cálculo de un índice de estabilidad<sup>4)</sup>.

### C.3 Cuestionario para los lugares de observación

1. Nombre de la estación
2. País
3. Situación (preferiblemente latitud y longitud)
4. Período de medidas (dar el tiempo de inicio y fin)
5. ¿Dispone la estación de un equipo automático de grabación de las medias de la velocidad y la dirección del viento? Describir los instrumentos. Si no, dar una breve descripción de la observación práctica (por ejemplo, lecturas de una banda registradora, etc.)
6. Más información acerca de las estaciones (por ejemplo, el cambio en el sistema de observación o el cambio de localización de los instrumentos durante el período)
7. Período de promediado de la velocidad del viento (minutos)
8. Intervalo de muestreo para cada parámetro (minutos)
9. Altura del anemómetro por encima de la superficie (metros)
10. Descripción de la localización del anemómetro: Si es posible, sería interesante disponer de una serie fotográfica que mostrase el mástil meteorológico y las vecinades de la estación vistas desde ella en todas las direcciones. Debería conseguirse también un croquis de un entorno de radio de unos 2 km desde la estación, en donde figuraran con el máximo detalle posible, los edificios, el tipo de terreno (campos de hierba, bosques, etc.). Para el caso de aeropuertos, el mapa interesante sería el de las cartas de navegación ICAO. Los accidentes geográficos dominantes a distancias superiores a los 5 km, deben ser comentados. Hay que añadir a esta información un mapa de detalles orográficos hasta, aproximadamente, unos 100 km lejos de la estación<sup>5</sup>.
11. Más información acerca de los datos, calidad o composición.



C.4 Composición de los datos

- 1. Descripción escrita del lugar de medida según se indica en el cuestionario, incluyendo posibles factores de corrección.
- 2. Cinta magnética con la totalidad de las series temporales de cada una de las estaciones seleccionadas con la información siguiente:

No. estación (entero nnn)  
Tiempo según el formato de año, mes, día, hora (en GMT) (entero:aammddhh)  
Velocidad del viento en 0.1 m s<sup>-1</sup> (entero: uuu)  
Dirección en grados (entero: DDD)  
Temperatura en 0.1° Celsius (entero: ±TTT)<sup>6)</sup>  
Cubertura del cielo en octavos (entero: N)<sup>6)</sup>  
Techo de las nubes en 100-pies (entero: CCC)<sup>6)</sup>  
Factor de corrección de exposición (si se dispone de él) en tanto por ciento (entero: EEE)<sup>6)</sup>

Los datos deberían preferiblemente cubrir el período de 10 años y en cualquier caso, más de tres años. Los datos deben proporcionarse para cada tres horas y la velocidad del viento debería tenerse, preferiblemente, en promedios de 10-min. Si faltan datos, esto debe indicarse rellenando el espacio con \*’s. Cada registro debe tener la forma siguiente:

aammddhhuuuDDD±TTTNCCCEEE

Las cintas deben ajustarse a las siguientes especificaciones:

800 or 1600 bpi  
9 pistas  
paridad impar  
longitud de registro fija (25 caracteres)  
longitud de bloque fija  
código EBCDIC o ASCII

## **C.5 Comentarios acerca de los criterios de selección y del cuestionario**

Se listan a continuación las enmiendas y los cambios realizados en los criterios de selección y en el cuestionario durante el estudio. Las principales razones que han provocado las enmiendas han sido la inclusión de estaciones en terreno complejo y cambios hechos en los modelos del análisis del Atlas Eólico.

La primera selección de estaciones para el estudio proporcionó 50 estaciones que seguían estrictamente los criterios de selección. En la segunda selección, muchas de las estaciones no respondían a todos los requisitos. Algunas de ellas se escogieron por razones de cobertura de datos, otras para incluir el caso de estadísticas de viento en topografía compleja o para comprobar la validez y las limitaciones del método del Atlas Eólico.

- 1) Si en las vecindades de la estación había accidentes orográficos considerables, la estación se ha incluido en la clasificación de terrenos tipo 3 a 5.
- 2) El modelo de cambio de rugosidad se ha ampliado a la posibilidad de calcular hasta 10 cambios de rugosidad en cada sector.
- 3) Según el criterio en 1)
- 4) Los datos de nubosidad no fueron utilizados en el modelo final.
- 5) Se requirió que los mapas fueran a escalas 1:25 000 o 1:50 000.
- 6) La temperatura, nubosidad, altura máxima de las nubes y factor de corrección de exposición no fueron utilizados en el modelo final.



# Apéndice D

## Los disquetes de datos

Los principales resultados del análisis del Atlas Eólico – las estadísticas de viento representativas de la región para cada una de las estaciones – se encuentran en un disquete en la parte posterior del Atlas. El disquete contiene también los datos de la velocidad del viento en forma de histogramas. El disquete está estructurado con una serie de subdirectorios correspondientes a cada uno de los países de la CE. Los subdirectorios llevan el nombre del código del país tal y como se indica a continuación:

|    |                |    |              |
|----|----------------|----|--------------|
| B  | Bélgica        | GB | Reino Unido  |
| D  | Alemania (FRG) | GR | Grecia       |
| DK | Dinamarca      | I  | Italia       |
| E  | España         | L  | Luxemburgo   |
| EI | Irlanda        | NL | Países Bajos |
| F  | Francia        | P  | Portugal     |

Las estadísticas de los radiosondas para todos los países se encuentran en un subdirectorio aparte con el nombre de RS.

El disquete es un disquete de doble cara y alta densidad (1.2 MB). Puede ser leído por cualquier IBM Personal Computer (PC, XT o AT) o cualquier compatible con el sistema operativo PC-DOS o MS-DOS y un lector de discos de alta densidad. <sup>1</sup>

Los datos del Atlas Eólico están almacenados en ficheros secuenciales ASCII con la extensión LIB, y contienen 48 líneas de registros de información. El contenido de un disquete está esquematizado en la Tabla D.1.

Los datos básicos están almacenados en ficheros secuenciales ASCII con la extensión TAB. El contenido de un fichero de histogramas está esquematizado en la Tabla D.2

---

<sup>1</sup>IBM PC, PC/XT y PC/AT, y PC-DOS son marcas registradas por International Business Machines, Inc. MS-DOS es una marca registrada por Microsoft, Inc.

Tabla D.1. Contenido de un fichero del Atlas Eólico. Se dan los parámetros de Weibull, *A* y *k* para cuatro clases de rugosidad distintas y para cinco alturas en cada uno de los doce sectores, así como también para la distribución total.

| Línea | Contenido  |
|-------|--|
| 1     | Carácter string de identificación de fichero/estación  |
| 2     | Número de clases de rugosidad, alturas y sectores:<br>4 5 12                                 |
| 3     | Los parámetros de aspereza de referencia:<br>0.0002, 0.03, 0.1 y 0.4 [m]                     |
| 4     | Las alturas de referencia por encima del nivel del suelo:<br>10, 25, 50, 100, 200 [m] s.n.s. |
| 5     | Las frecuencias de aparición para <b>clase 0 de rugosidad</b>                                |
| 6     | Parámetro de Weibull <i>A</i> para 10 m [ms <sup>-1</sup> ]                                  |
| 7     | Parámetro de Weibull <i>k</i> para 10 m  |
| 8-9   | Parámetros de Weibull <i>A</i> y <i>k</i> para 25 m  |
| 10-11 | Parámetros de Weibull <i>A</i> y <i>k</i> para 50 m  |
| 12-13 | Parámetros de Weibull <i>A</i> y <i>k</i> para 100 m   |
| 14-15 | Parámetros de Weibull <i>A</i> y <i>k</i> para 200 m   |
| 16-26 | Como en las líneas 5-15 pero para <b>clase 1 de rugosidad</b>                                |
| 27-37 | Como en las líneas 5-15 pero para <b>clase 2 de rugosidad</b>                                |
| 38-48 | Como en las líneas 5-15 pero para <b>clase 3 de rugosidad</b>                                |

Tabla D.2. Contenido de un fichero de histogramas

| Línea | Contenido  |
|-------|--|
| 1     | Carácter string de identificación de fichero de histograma   |
| 2     | Latitud, longitud, y altura del anemómetro   |
| 3     | Número de sectores, factor de escala para la velocidad del viento, y offset para dirección   |
| 4     | Frecuencias de aparición en tanto por ciento del viento en los distintos sectores  |
| 5-    | La línea 5 y todas las que le siguen contienen la tabla meteorológica, correspondiendo cada línea a una clase de velocidad. Primero, se da el límite superior de la clase de velocidad, y después siguen las frecuencias de aparición de las clases en los sectores y en el total. Se han especificado hasta un máximo de 50 clases de velocidad. Las frecuencias están normalizadas por sectores. |